



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

---

**INCREMENTO DEL ESPESOR DE LOS PÁNELES PREFABRICADOS DE  
CONCRETO DEL SISTEMA CRESI, CON ADITIVOS INCLUSORES DE AIRE Y  
FIBRA DE VIDRIO: REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA,  
MUNICIPIO EL BAGRE, CORREGIMIENTO PUERTO CLAVER**

**CARLOS EDUARDO MAYA OSPINA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

ÁREA CURRICULAR DE CONSTRUCCIÓN Y HÁBITAT

MEDELLÍN

2016

**INCREMENTO DEL ESPESOR DE LOS PÁNELES PREFABRICADOS DE  
CONCRETO DEL SISTEMA CRESI, CON ADITIVOS INCLUSORES DE AIRE Y  
FIBRA DE VIDRIO: REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA,  
MUNICIPIO EL BAGRE, CORREGIMIENTO PUERTO CLAVER**

**CARLOS EDUARDO MAYA OSPINA**

TRABAJO FINAL MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN LINEA PROFUNDIZACIÓN

DIRECTOR

**JHON DE JESÚS MUÑOZ ECHAVARRÍA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

ÁREA CURRICULAR DE CONSTRUCCIÓN Y HÁBITAT

MEDELLÍN

2016

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por permitirme tener la oportunidad de haber culminado de manera satisfactoria este reto. A mi esposa Joana Álzate y a mi hijo Emiliano por el apoyo incondicional.

A mi madre y mi padre, por haberme motivado a conquistar y a superar obstáculos. Y todas aquellas personas que de uno u otra manera representaron una ayuda constante y permanente en el logro de esta meta tan anhelada.

## **AGRADECIMIENTOS**

Es para mí un honor haber contado con el apoyo del profesor John Muñoz Echavarría, por haberme aportado herramientas necesarias en el desarrollo y culminación de la investigación, además me indujo por el camino de la metodologías de la investigación.

A Comfenalco Antioquia principalmente a la gerente inmobiliaria Gloria Jaramillo Villegas por facilitarme los tiempos y los espacios. A la empresa Fabricasas, especialmente al ingeniero Alberto José García Fergusson, quien fue un colaborador permanente, Al director del Fondo de Vivienda de Interés Social del Bagre Antioquia, Elleri Martínez Rojas quien fue un facilitador en el transcurso de la realización y desarrollo del trabajo final maestría

## **RESUMEN**

El Sistema Cresi es una técnica de construcción que pretende mejorar el proceso constructivo de los prefabricados en Colombia, buscando la versatilidad, industrialización y la economía; buscando que el usuario sin importar su nivel socio-económico pueda acceder a las bondades de dicho sistema.

Esta propuesta surge inicialmente en el corregimiento Puerto Claver, del municipio del Bagre-Antioquia como respuesta a la necesidad de atender una población damnificada por el fenómeno de la niña 2010-2011. Esta comunidad se vio privilegiada en que se le asignaran recursos para adquirir viviendas en el sistema Cresi, el cual estaba concebido en paneles de 3,5 cm de espesor originalmente.

Después de analizar el desarrollo del proyecto se evidenció, que las personas beneficiadas manifestaban cierta resistencia al sistema prefabricado, debido al espesor de los paneles de 3,5 cm, que exponía las tuberías y culturalmente creaba una sensación de inestabilidad en las viviendas.

Lo anterior despertó la idea de diseñar y crear paneles con un espesor de 6,5 cm, con el propósito de incrementar la aceptación de este sistema en las familias beneficiadas, además de determinar el cumplimiento de los requerimientos exigidos por la norma NSR-10.

Después de hacer las pruebas de laboratorio, utilizando el material de canto rodado residual de la minería, aditivos inclusores de aire y fibra de vidrio se logró, que el grosor del panel cumpliera los requerimientos de la norma y que las tuberías quedaran embebidas en los paneles, generando en el beneficiario una percepción de seguridad y de confort

## **ABSTRACT**

Cresi system is a construction technique that aims to improve the construction process of the prefabricated structures in Colombia, looking for versatility, industrialization and the economy; looking for that user regardless of their socio-economic status can access the benefits of such a system.

This proposal arises initially in the corregimiento of Puerto Claver, of the municipality of the Antioquia catfish as a response to the need to serve a population hit by the phenomenon of the 2010-2011 girl. This community was privileged in resources assigned to acquire homes in Cresi system, which was conceived in 3,5 cm panels originally.

After analyzing the development of the project is evidencio, that benefit people expressed some resistance to the prefabricated system due to the thickness of 3.5 cm panels that exposed pipes and culturally created a feeling of instability in the housing.

This aroused the idea of designing and creating panels with a thickness of 6. 5 cm, with the purpose of increasing the acceptance of this system in the beneficiary families, in addition to determining compliance with the requirements demanded by the standard NSR-10.

After doing lab tests, using residual mining Boulder material, additives entraining of air and fiberglass; He was that the thickness of the panel fulfilled the requirements of the standard and that pipes will be embedded on the panels, creating a perception of security and comfort in the beneficiary.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	15
1. Capítulo 1 Generalidades	20
1.1 Planteamiento del problema	20
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo general	22
1.2.2 Objetivos específicos	22
1.3 Justificación	23
1.4 Hipótesis	24
2. Capítulo 2 Política y déficit de vivienda en Colombia	25
2.1 Política de vivienda en Colombia	26
2.2 Déficit de vivienda en Colombia	28
2.3 Déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda	29
2.4 Historia del sistema de construcción industrializado	32
3. Capítulo 3 sistema Cresi aditivos inclusores y fibra de vidrio	36
3.1 Sistema CRESI	36
3.2 Descripción del sistema CRESI	36
3.3 Definición y descripción de aditivo	40
3.3.1 Aditivos inclusor de Aire	41
3.3.2 Aditivo fluidizantes	41
3.3.3 Aditivo retardantes del fraguado	42
3.3.4 Aditivo acelerantes de la resistencia	42
3.3.5 Aditivo estabilizadores de volumen	42
3.3.6 Aditivo endurecedores	43
3.4 Definición y descripción de fibra de vidrio	43
3.5 Categoría económica	45
3.6 Percepción de seguridad	45
3.7 La noción de hábitat	47
3.8 Sistema constructivo	47

4. Capítulo 4 municipio El Bagre: recorrido histórica	68
5. Capítulo 5 Enfoque experimental: Alcance de los objetivos en fases	76
6. Capítulo 6 Propuesta aplicación experimental	78
6.1 Configuración de los lineamientos técnicos en el empleo de aditivos inclusores de aire y refuerzo con fibra de vidrio	78
6.1.1 Descripción de los materiales constitutivos	79
6.1.2 Materiales constitutivos del sistema de vivienda	79
6.1.3 Propiedades mecánicas de los materiales constitutivos	80
6.1.4 Del concreto	80
6.1.5 De la fibra	80
6.1.6 Del acero de refuerzo	81
6.1.7 Del mortero de pega	81
6.1.8 De los pines de conexión	82
6.1.9 De las barras tensoras	82
6.1.10 De las platinas de anclaje	83
6.1.11 Descripción de los muros en mampostería en seco Postensada	84
6.1.12 Equipos de laboratorio	86
6.2 Establecer, por evidencia experimental y de análisis el valor del coeficiente básico de disipación de energía para los muros Prefabricados	87
6.2.1 Ensayos de las diferentes carga	87
6.2.2 Resultado de los ensayo	89
6.3 Comparativo del factor económica con el aumento del espesor de los muros	97
6.3.1 Estudios de factibilidad de proyectos	98
6.3.2 Contenido del esquema de factibilidad de proyectos	98
6.4 Análisis de la percepción de seguridad y calidad de los usuarios Sistema Cresi en relación al aumento del espesor de los paneles	101
7. Hallazgos	108



8. Conclusiones, recomendaciones y aportes a los estudios de la construcción	110
8.1 Conclusiones	110
8.2 Recomendaciones	111
8.3 Aportes a los estudios de la construcción	111
BILIOGRAFÍA	113

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 3-1:</b> Geometría y dimensiones de los MPCR	39
<b>Figura 3-2:</b> Proceso Constructivo Sistema Losas	51
<b>Figura 3-3:</b> Vivienda Celular Eternit	53
<b>Figura 3-4:</b> Vivienda celular terminada	54
<b>Figura 3-5:</b> Estructura del Sistema Plycem	55
<b>Figura 3-6:</b> Vivienda con muros de PVC Royalco	58
<b>Figura 3-7:</b> Proceso constructivo sistema SpeedCo	60
<b>Figura 3-8:</b> Sistema Servivienda	63
<b>Figura 3-9:</b> Participación de los diferentes sistemas constructivos en el mercado Fuente: Coordinada Urbana	65
<b>Figura 3-10:</b> Sistemas constructivos NSR-10	66
<b>Figura 4-1:</b> Urbanización Puerto Claver	69
<b>Figura 4-2:</b> Rio Nechi corregimiento Puerto Claver	73
<b>Figura 5-1:</b> Mortero de pega y pines	81
<b>Figura 5-2:</b> Planta de transformación corregimiento de San Pedro Claver	82
<b>Figura 5-3:</b> Sistema de anclaje de barra tensora	83
<b>Figura 5-4:</b> Detalle de los muros de MSP	85
<b>Figura 5-5:</b> Muros típico MSP	85
<b>Figura 5-6:</b> Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales	86
<b>Figura 5-7:</b> Ensayo de carga axial sobre muros de MSP	87
<b>Figura 5-8:</b> Ensayo de carga estática sobre muros de mampostería en seco postensada	88
<b>Figura 5-9:</b> Curvas de carga desplazamiento lateral carga estática	89
<b>Figura 5-10:</b> Montaje para el ensayo de carga cíclica sobre muros	

de mampostería en seco postensada	91
<b>Figura 5-11:</b> Procedimiento de carga cíclica aplicado a los muros MSP	91
<b>Figura 5-12:</b> Modos de falla en muros de mampostería en seco postensada bajo carga estática.	92
<b>Figura 5-13:</b> Lazos de histéresis para los diferentes tipos de muros	93
<b>Figura 5-14:</b> Curvas de histéresis y envolventes MSP 1C	94
<b>Figura 6-1:</b> Percepción en seguridad y calidad de los usuarios del Sistema Cresi	107

## **LISTA DE MAPAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Mapa 4-1:</b> Localización del Municipio de El Bagre	68
<b>Mapa 4-2:</b> Localización del Corregimiento de Puerto Claver	69

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 4-1:</b> Proyección estimada de la población para el centro Poblado del Corregimiento de Puerto Claver en el Municipio De El Bagre para el presente Estudio	74
<b>Tabla 5-1:</b> Parámetros estructurales del ensayo de carga estática	89
<b>Tabla 5-2:</b> Valores de $R_{\mu}$ para el sistema MSP.	96
<b>Tabla 6-1:</b> Factibilidad proyecto Mampostería estructura tradicional Vs. San Pedro Claver	99
<b>Tabla 6-2:</b> Factibilidad San Pedro Claver Vs. Sistema Cresi	100

## **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas industrializados han tenido una participación importante en la reconstrucción de ciudades, sea por situaciones de desastres naturales o políticos; en 1948 a finales de la posguerra se utilizaron sistemas industrializados en la reconstrucción de ciudades europeas, en ese tiempo era la práctica más rápida. En Colombia en los últimos años se ha empleado en la industria de la construcción algunos de estos sistemas, de igual manera los prefabricados en Colombia comienzan en los años 70s a desarrollar técnicas propias después de haber experimentado innumerables técnicas extranjeras.

Cada día los costos de los insumos para la construcción tradicional son más altos y la mano de obra especializada es mucho más escasa, esto hace que los sistemas prefabricados industrializados sean una propuesta rápida y eficiente, posibilitando desarrollos masivos de viviendas.

Actualmente se encuentran homologados cinco sistemas, uno de ellos es el Sistema Cresi que significa construcciones rápidas, económicas y sismo resistente. Las casas que se construyen con este sistema están compuestas por plaquetas de concreto de 3,5 centímetros de espesor, con una resistencia a la compresión de 25MPa. Los módulos se ensamblan por medio de unos conectores metálicos de 6 mm de diámetro, que se colocan en el interior de las plaquetas en unos espacios localizados en los bordes y centro de los cantos. Las plaquetas tienen diferentes longitudes y alturas para ajustarse a la modulación. Además de la variación en las dimensiones geométricas, los módulos tienen de 2 a 6 orificios para las uniones dependiendo de la posición que ocupa éste en el muro.

El presente estudio experimental fue llevado a cabo para evaluar la seguridad y comodidad de los usuarios, la viabilidad técnica y económica; al incrementar el espesor de los paneles prefabricados de concreto del Sistema Cresi con aditivos inclusores de aire y fibra de vidrio; y a su vez determinar si cumple con los requerimientos exigidos por la norma NSR-10, con el propósito de incrementar la aceptación de este sistema en las familias más necesitadas de una vivienda.

El desarrollo del trabajo final está organizado en ocho capítulos de la siguiente manera:

El **primer capítulo**: Describe las generalidades del proyecto partiendo del planteamiento del problema, el cual indica que debido al espesor de los paneles de 3,5 centímetros con que actualmente cuenta el Sistema Cresi, las tuberías tanto eléctricas como hidrosanitarias quedan expuestas, lo que ocasiona malestar en los usuarios viéndose estos obligados a colocar doble placa para cubrirlas, incrementando los costos de las viviendas.

Seguidamente se encuentran los objetivos, los cuales pretenden evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto. Hay una justificación de la investigación experimental la cual pretende garantizarle al usuario mayor resistencia y apariencia de la vivienda. Por último en este capítulo está la hipótesis que dio inicio a la investigación.

El **segundo capítulo**: Hace alusión a las políticas y déficit de vivienda en Colombia. La Declaración de los Derechos Humanos con la Convención Internacional de los derechos Económicos, Sociales y Culturales abren la puerta al considerar la vivienda como un bien vital para el desarrollo de las personas. Algunos autores perciben que la problemática del déficit de vivienda abarca no solo el factor económico, sino otros factores que van más allá de brindar un espacio físico, es la búsqueda de mejorar la calidad de vida, incluyendo a la

población más vulnerable con el propósito de generar un bienestar psicosocial en la comunidad.

En el **tercer capítulo**: Se aborda todo lo relacionado al sistema Cresi como una técnica de construcción que busca trascender el sistema de prefabricado. Hace una descripción de cada uno de los materiales constitutivos. Se plantea la definición de aditivos y sus diferentes tipos los cuales se clasifican por su función en el concreto. Además se habla de la fibra de vidrio, sus diversos tipos y sus clasificaciones de cómo éstas al pasar por un proceso se obtienen ligamentos que se adaptan a los modelos.

Adicionalmente, se enuncia unas conceptualizaciones necesarias para la comprensión en el análisis económico del Sistema Cresi, la percepción de seguridad que es nada menos que la forma como las personas perciben culturalmente los nuevos sistemas de construcción. Por último se hace un despliegue del sistema constructivo, apreciando sus ventajas y desventajas.

El **capítulo cuarto**: hace un recorrido histórico del Bagre, el cual permite una contextualización del sector objeto de estudio en la investigación. El cual está dirigido a población damnificada del fenómeno de la niña 2010-2011. Además en esta zona se aplica una encuesta de aceptación de este sistema, en cuanto a la percepción que tienen las familias en relación a la calidad y seguridad que ofrece el mismo a sus viviendas.

En el **capítulo quinto**: Para el alcance de los objetivos se habla de un diseño metodológico que permita recopilar toda la información y darle interpretación cualitativa y cuantitativa. Para su mayor comprensión cada objetivo se configura en fases y se explica en actividades. Lo anterior se ilustra en una matriz que bosqueja unos interrogantes: ¿Cómo se puede aumentar el espesor de los paneles prefabricados del Sistema Cresi sin afectar las características



estructurales y el cumplimiento de los exigido por la NSR 10 en Colombia?, ¿Cómo se puede compensar las características físicas, como pesos, resistencia y maniobrabilidad, en los paneles prefabricados, al aumentar su espesor?; entre otras; además de los objetivos, una hipótesis que supone la viabilidad de la propuesta, la metodología, el enfoque y por último los instrumentos de medición. El cierre de este capítulo está determinado por un cronograma que da cumplimiento en tiempo al desarrollo de cada una de las fases.

Se valida el desarrollo de la propuesta experimental del Sistema Cresi, aquí se abordan diferentes aspectos técnicos y metodológicos del proyecto, se realiza el montaje de un modelo de vivienda a escala 1,1 el cual permite visualizar si el procesos constructivo sufre mejoramiento al incrementar el espesor de los paneles de 3,5 a 6,5 cm. Muestran ensayos con los materiales que se utilizan en la elaboración de los paneles. Se realiza un comparativo entre el factor económico versus aumentos del espesor de los muros, mirando la viabilidad económica del sistema en proyectos masivos de vivienda.

Para el **capítulo sexto**: Se analiza la percepción de seguridad y calidad de los usuarios del sistema de prefabricado Cresi, en relación con el aumento del espesor de los paneles diseñados. Lo anterior se evidenciará a partir de la aplicación de dos encuestas, la primera pretende medir la apreciación de los propietarios de las viviendas cuyos muros poseen un espesor de 3,5 cm en los paneles prefabricados de concreto; y la segunda mide lo mismo que la primera excepto que el espesor de los muros es incrementado a 6,5 cm, para evaluar si aumenta el porcentaje de percepción de aceptación.

El **capítulo séptimo**: Lo constituye los hallazgos, que no son otra cosa que la respuesta a los interrogantes que plantea la problemática y que a su vez se visualizan en la matriz metodológica como preguntas de investigación.

Finalmente el **capítulo ocho:** Le concierne las conclusiones, aportes y recomendaciones sugeridas por esta propuesta experimental, que pretende generar un nivel elevado de aceptación por la población beneficiada el cual se ve revertido en el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad.

## **1. CAPÍTULO 1: GENERALIDADES**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El sistema prefabricado “CRESI” significa Construcciones Rápidas, Económicas y Sismo Resistentes, es elaborado con paneles de concreto prefabricado de 3,5 centímetros de espesor, 28 mega pascales, es un sistema que ha sido utilizado en construcción de bodegas, viviendas, escuelas, desde el año 2009 ha sido aplicado a proyectos nucleados de vivienda interés prioritario “VIP” y durante este proceso se han observado que aunque el sistema cumple con los parámetros de la NSR-10, aún no es muy aceptado por la población beneficiaria de este tipo de viviendas, no desde su factor económico ni de calidad, sino por la percepción a nivel cultural en relación con el espesor de las paredes, ya que por tradición las personas prefieren viviendas con muros de espesores mayores como los encontrados en los sistemas de construcción tradicional donde se utiliza ladrillos de arcilla y bloque de cemento.

Por otra parte, durante los procesos de construcción de algunas viviendas se ha presentado una problemática relacionada con las tuberías expuestas, tanto eléctricas como hidrosanitarias, ya que el panel construido en el sistema CRESI es de un espesor de 3,5 centímetros y las tuberías no pueden quedar embebidas, ya que perjudicaría la estabilidad de la estructura, al dejarse expuestas ocasionan que las personas que adquieren este sistema deben realizar revoques de más de 2 centímetros o colocar doble placa, lo que incrementa los costos, ya que teniendo

presente el Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas-Retie<sup>1</sup>, no permite que los cables queden dentro de los paneles ni expuestos. Esto hace que la población en general no acepte frente al sistema Cresi por el espesor y las tuberías expuestas, lo que origina mitos que estigmatizan las viviendas prefabricadas como soluciones rápidas, versátiles, económicas, duraderas y seguras.

Partiendo de esto se generan los siguientes interrogantes:

- ¿Cómo se puede aumentar el espesor de los paneles prefabricados del sistema Cresi sin afectar las características estructurales y el cumplimiento de lo exigido por la NSR 10 en Colombia?
- ¿Cómo se pueden compensar las características físicas, como peso, resistencia y maniobrabilidad, en los paneles prefabricados, al aumentar su espesor?
- Al aumentar en un 42% el espesor de los paneles prefabricados del sistema Cresi, ¿Sería viable colocar al interior las tuberías eléctricas e hidráulicas que actualmente quedan expuestas, sin afectar las características estructurales del panel?
- ¿De qué manera afecta el aumento de espesor de los paneles prefabricados en la percepción cultural del sistema?
- Al aumentar el espesor de los paneles del sistema prefabricado se puede ver afectado el factor económico de su proceso, ¿cuál sería entonces el margen de

---

<sup>1</sup> Adoptado mediante Resolución 180398 del 7 de abril de 2004 y modificado parcialmente con la Resolución 180498 del 29 de abril de 2005 y la Resolución 181419 del 01 de noviembre de 2005. [http://www.upme.gov.co/Docs/Cartilla\\_Retie.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Cartilla_Retie.pdf)

viabilidad para que este sistema siga siendo una alternativa de construcción en proyectos masivos de vivienda de interés social y/o prioritario?

- Al aumentar el espesor de los paneles del sistema prefabricado, ¿sería posible embeberse las tuberías eléctricas dando cumplimiento al RETIE, sin afectar la estabilidad estructural del sistema?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar la viabilidad técnica, económica en el empleo de aditivos inclusores de aire y fibra de vidrio, que permitan aumentar el espesor de los paneles prefabricados de concreto del sistema Cresi teniendo presente el cumplimiento de los requerimiento exigidos por la norma NSR-10, para mayor aceptación de este sistema en las familias más necesitadas de una vivienda.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Configurar los lineamientos técnicos en el empleo de aditivos inclusores de aire y refuerzo con fibra de vidrio, que permitan mantener las características físicas, como peso y resistencia, después de aumentar el espesor de los paneles prefabricados de concreto del sistema Cresi de 3,5 a 6,5 cm.

- Establecer, por evidencia experimental y de análisis el valor del coeficiente básico de disipación de energía para los muros prefabricados diseñados permitiendo que siga cumpliendo con la NSR-10.
- Comparar el factor económico en relación con el aumento del espesor de los muros a 6,0cm del sistema Cresi, considerando si afecta esta la viabilidad económica del sistema en proyectos masivos de vivienda.
- Analizar la percepción de seguridad y calidad de los usuarios del sistema prefabricado Cresi, en relación con el aumento del espesor de los paneles prefabricados diseñados.

### **1.3 Justificación**

Una casa prefabricada no es más que una casa construida con base en un sistema modular, con panales o módulos completos que se unen unos a otros, permitiendo realizar cualquier diseño, incluso de varios pisos. Este tipo de casas prefabricadas con el sistema CRESI, que es un sistema constructivo conformado por módulos de concreto de 3,5 cm, los cuales se ensamblan por medio de conectores en acero, garantizando que no existan elementos de sustentación externos, lo que permite obtener versatilidad a diseño y acabados iguales a la construcción tradicional.

Estas casas son construidas en metales livianos, con materiales aislantes en sus delgadas aunque resistentes paredes que, según el fabricante, pueden durar 50 años o más en ambientes hostiles, que pueden llegar a temperaturas de menos 40 grados centígrados y resistir la nieve y la humedad extremas.

El propósito de este proyecto es realizar el incremento del espesor de los paneles prefabricados de concreto del Sistema Cresi, con aditivos inclusores de aire y fibra de vidrio de 3,5 cm a 6,5 cm; para garantizar con ello una mayor resistencia en la vivienda, y que la apariencia o estética tenga mayor aceptación por parte de los beneficiados quienes por tradición cultural prefieren los sistemas de construcción tradicional sobre los prefabricados

#### **1.4 Hipótesis**

Técnicamente es viable incrementar el espesor de los paneles prefabricados del sistema Cresi, de 3,5 cm a 6,5 cm, con fibra de vidrio e inclusores de aire de forma tal que permita incorporar las tuberías de conducción eléctricas e incrementar la aceptación del sistema constructivo por parte de los usuarios y cumplir con las normas técnicas de la NSR-10.

## **2. CAPÍTULO 2: POLÍTICA Y DÉFICIT DE VIVIENDA EN COLOMBIA**

El presente capítulo aborda la necesidad de construir viviendas por diferentes motivos o tendencias. Se da una mirada a los países europeos y asiáticos los cuales han evolucionado a través de estrategias para reconstruir rápidamente las ciudades después de eventos marcados como las guerras, los cuales han permitido generar nuevas formas o metodologías de construcción que con el tiempo, poco a poco han llegado a Colombia y han sido adoptados. Teniendo en cuenta que no se han aplicado para reconstruir territorios devastados por guerras, sino por otros motivos como el afán de cumplir con metas propuestas por los gobiernos, para atender improvisadamente fenómenos sociales y naturales o para impulsar la economía a través de la industria de la construcción, fenómeno que se presenta en el país cuando se atraviesan crisis económicas.

Tal fue el caso en los inicios de 1930 cuando Estados Unidos a través de varios investigadores economistas, comienzan a crear estrategias basadas en el impulso de la economía, utilizando capital público y privado para ser aplicado a la construcción y poder salir de la crisis, que en ese entonces se estaba presentando.

Uno de los investigadores partícipes fue el economista Lauchlin Currie, quien llegó a Colombia como asesor en 1949, en medio de una crisis bipartidista y en el inicio de grupos de insurgencia que se detonaron con el Bogotazo y el proceso que se estaba presentando de fortalecimiento en la industria Colombiana.



Lauchlin Currie se destacó por analizar, asesorar y adaptar nuevas estrategias económicas para el país y quien por primera vez comienza hablar del déficit de vivienda en Colombia<sup>2</sup>.

## 2.1 Política de vivienda en Colombia

Con la declaración Universal de los Derechos Humanos en 1948 y con la Convención Internacional sobre los Derechos Económicos, Sociales y Culturales (DESC), en 1966, la vivienda entró a ser considerada un bien vital para el desarrollo de las personas<sup>3</sup>.

“La política de vivienda en Colombia se inicia en el año 1932 con la creación de las primeras instituciones, como fue el Banco Central Hipotecario, el cual se fundó con el objetivo de promover el sector de la construcción a través del crédito hipotecario; en el año 1939, se creó el Instituto de Crédito, entidad encargada de construir y otorgar créditos para la compra de vivienda con algunos subsidios del Estado a la tasa de interés y al precio de la vivienda”<sup>4</sup>.

En el año 1972 una de las estrategias del desarrollo económico fue el fortalecimiento del sector de la construcción de vivienda y se crearon dos herramientas que transformarían la política de vivienda: las Corporaciones de Ahorro y Vivienda (CAV"s) y la Unidad de Poder Adquisitivo Constante (UPAC), luego se pasó a un modelo de control sobre las tasas de interés para la compra de vivienda a través del UVR, como estrategia de financiamiento<sup>5</sup>.

---

<sup>2</sup>Universidad, Ciencia y Desarrollo. Programa de Divulgación Científica. Tomo II. Fascículo 11. “Política de Vivienda: Alcances y Perspectivas. Grupo de Investigaciones. Facultad de Economía: Universidad del Rosario. Investigadora: Juanita Villaveces Niño. ISSN 1909-0501. Pág. 4

<sup>3</sup>Ibid. Pág. 4

<sup>4</sup>Ibid. Pág. 5

<sup>5</sup>Ibid. Pág. 5.

A partir del año 1991, la Constitución Colombiana dejó establecido el derecho a la vivienda digna y las herramientas financieras para otorgar créditos de este tipo mejoraron el volumen de recursos disponibles para los usuarios, gradualmente el Estado pasó de un modelo asistencialista y estableció una política de financiamiento a través de las corporaciones de ahorro y vivienda<sup>6</sup>.

Sin embargo, los cambios en el modelo de crecimiento económico, las reformas financieras, las fluctuaciones de la tasa de interés y los ajustes en el cálculo del UPAC, llevaron al colapso de este sistema de financiamiento de vivienda al finalizar la década de 1990, durante esta crisis económica que vivió Colombia, la cual afecto al sector de la vivienda se expidió la Ley 546 de 1999 Marco de Vivienda la cual eliminó el UPAC y estableció una conversión de los créditos hipotecarios a Unidades de Valor Real (UVR), cuyo cálculo lo establece diariamente con base en el comportamiento del IPC<sup>7</sup>.

Adicionalmente la política de vivienda también se focalizó en los hogares de ingresos bajos, cobijando a las familias con ingresos menores a cuatro salarios mínimos, mediante subsidios. Esta labor se sumó a la que venían desarrollando las cajas de compensación familiar con sus afiliados y a la conformación del Sistema Nacional de Vivienda de Interés Social, todo con el fin de establecer los parámetros para la asignación de los subsidios<sup>8</sup>.

“Con la ley de vivienda también se generaron cambios institucionales para consolidar el sector vivienda, tales como la liquidación del Inurbe y la creación del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial y del Fondo Nacional de la Vivienda”<sup>9</sup>.

---

<sup>6</sup> Ibid. Pág.6.

<sup>7</sup> Ibid. Pág.6.

<sup>8</sup> Ibid. Pág.7.

<sup>9</sup> Ibid. Pág.8.

“En 1999 se limitó el subsidio a la compra de vivienda nueva, pero en el 2004 nuevamente se permitió la posibilidad de utilizar el subsidio, tanto para la adquisición de vivienda usada en caso de la población desplazada, como para víctimas de desastres naturales y terrorismo”<sup>10</sup>.

## **2.2 Déficit de vivienda en Colombia**

La definición de déficit de vivienda, al ser un concepto subjetivo, en el año 1973 se basaba en aspectos tales como “si la residencia estaba construida con materiales no durables, sin entrada individual, sin servicios de luz, agua y alcantarillado y en una localización muy mala”<sup>11</sup>.

Pero teniendo presente lo que expresa Lauchlin Currie que el problema no es sólo de la falta de unidades de vivienda, sino que es un problema más amplio “que está relacionado estrechamente con el estilo de vida”<sup>12</sup> por lo que el suministro de unidades vivienda debe tener en cuenta “un número adecuado, de tamaño y calidad aceptables, con servicios adecuados, localizado en vecindarios que no estén muy alejados del trabajo, de las escuelas, almacenes y otros servicios, disminuye el sentimiento de segregación, el tiempo y el dinero que se gastan en el transporte y tiende a disminuir, en vez de aumentar, la desigualdad en la distribución del ingreso”<sup>13</sup>.

Por lo que Lauchlin Currie define al déficit como “el número de unidades que faltan para alcanzar determinado estándar”<sup>14</sup>.

---

<sup>10</sup> Ibid. Pág.9.

<sup>11</sup> CURRIE, Lauchlin. Reactivación, crecimiento y estabilidad. Fondo Editorial Legis. 1988. ISBN 958-9042-29-5. Bogotá. Pag. 160.

<sup>12</sup> Ibid, Pag. 158.

<sup>13</sup> Ibid. Pag. 158.

<sup>14</sup> Ibid, Pag. 158.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente por Lauchlin Currie, se percibe por lo tanto que la problemática de déficit de vivienda abarca no sólo el factor económico, sino también, otros factores que van más allá de brindar un espacio físico donde vivir, y que en la búsqueda para dar solución a la problemática de déficit de vivienda debe dirigirse a mejorar la calidad de vida de las personas, incluyendo las más vulnerables, generando un mayor bienestar psicosocial en la población.

“La vivienda, por sus características, representa un bien que ocupa un lugar relevante entre las preocupaciones y necesidades de la población, pues constituye un bien primario de defensa ante los rigores climáticos, de intercambio social, sirve para el uso y desarrollo familiar, constituye un mejoramiento de los estándares sociales, es una inversión durable y transable”<sup>15</sup>.

“Igualmente, para que la vivienda sea habitable, debe tener una configuración física y unas dotaciones adecuadas, es decir, “debe estar provista de los elementos que permitan la satisfacción de las necesidades básicas que se cumplen en ella”<sup>16</sup>.

### **2.3 Déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda**

“El Déficit Cuantitativo estima la cantidad de viviendas que la sociedad debe construir o adicionar al stock para que exista una relación uno a uno entre las viviendas adecuadas y los hogares que necesitan alojamiento, es decir, se basa en la comparación entre el número de hogares y el de viviendas apropiadas

---

<sup>15</sup>Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. Metodología Déficit de Vivienda. Colección Documentos. Actualización 2009. Num. 79. Edición 2009. Bogotá D.C. ISSN.0120-7423. Pág. 14.

<sup>16</sup> Ibid, Pag. 14

existentes. El monto en el cual los hogares superen las viviendas es lo que en la gran parte de la literatura se designa como déficit cuantitativo”<sup>17</sup>.

“El déficit cualitativo hace referencia a las viviendas particulares que presentan deficiencias en la estructura del piso, espacio (hacinamiento mitigable y cocina), a la disponibilidad de servicios públicos domiciliarios y, por tanto, se requiere de dotación de servicios públicos, mejoramiento o ampliación de la unidad habitacional”<sup>18</sup>.

De acuerdo a lo expuesto, en el marco de la Sesión Especial Colombia, la cual se realizó en el Séptimo Foro Urbano Mundial, se reveló que: “En los últimos años el déficit de vivienda ha disminuido notablemente, de acuerdo con las estimaciones hechas por la mesa técnica de trabajo del Ministerio de Vivienda, el Dane y Planeación Nacional. El déficit cuantitativo de vivienda bajó del 12,56% en 2005 al 5,54% en 2012, esto representa una reducción del 46,3% y se calcula que 554,087 hogares requieren de una solución en vivienda. Por el lado del déficit cualitativo se tiene que la reducción ha sido del 7,8% desde 2005 de manera que para 2012 se estima que cerca de 1.093.066 hogares urbanos tienen algún tipo de carencia cualitativa”<sup>19</sup>.

El déficit habitacional se ha generado por diferentes problemáticas, entre las cuales se encuentran los tres “Estados de Emergencia Social” que se han declarado en el país desde la implementación de la Constitución de 1991.

---

<sup>17</sup> Ibid, pág. 15.

<sup>18</sup> Ibid, pág 15.

<sup>19</sup> [www.minivivienda.gov.co](http://www.minivivienda.gov.co). Portal Minivivienda Déficit Habitacional en. Publicado: Medellín, viernes, 11/abril/2014 (MVCT). Extraído el martes 21 de Abril de 2015.

La primera declaración de Estado de Emergencia se relaciona con el sismo ocurrido el 6 de junio de 1994, en el municipio de Páez en el departamento de Cauca<sup>20</sup>.

El segundo Estado de Emergencia se declara el 25 de enero de 1999 cuando se presentó un sismo con epicentro en Córdoba (Quindío), dejando [...], la ciudad de Armenia semi-destruida y por lo menos 7 municipios del departamento, como también una parte de Pereira (Risaralda), [...].<sup>21</sup>

A través del Decreto 4580 del 7 de diciembre de 2010, se declara el tercer Estado de Emergencia por grave calamidad pública en Colombia<sup>22</sup>.

En el mismo se determina que, como consecuencia del fenómeno de “La Niña” hay 337,513 familias afectadas, 2,049 viviendas destruidas y 275,569 viviendas averiadas en 654 municipios de Colombia. De igual manera se anuncia que 325,000 familias pobres colombianas, gran parte desplazadas, habitan viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo no mitigable, por lo cual constituyen una población vulnerable que es necesario reubicar prioritariamente.

Al revisar estos antecedentes, se puede observar que Colombia enfrenta actualmente una problemática de vivienda que interfiere con el ámbito social, económico y de calidad de vida, no sólo de los más pobres, sino también de aquellas poblaciones perturbadas por el desplazamiento forzado y los desastres naturales, lo que genera la necesidad de buscar soluciones rápidas, eficientes y económicas para superar el déficit de vivienda digna y de calidad de vida para los ciudadanos afectados.

---

<sup>20</sup>Convenio INGEOMINAS – NASA KIWE, “Zonificación para uso del suelo en la cuenca del río Páez”, Popayán, 6 de junio de 1995.

<sup>21</sup>SUÁREZ, Ildefonso El terremoto «un desastre natural muy cercano a Colombia». Facultad de Ingeniería. <https://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/rev10art2.pdf>, p.16

<sup>22</sup>[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto/2010/decreto\\_4580\\_2010.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto/2010/decreto_4580_2010.html).

## **2.4 Historia del sistema de construcción industrializado**

Alrededor de la historia se evidencian vestigios de civilizaciones alrededor del mundo que manufacturaban materiales como rocas o arenas con aglutinantes, para diferentes fines como templos, acueductos y edificaciones con diferentes aplicaciones, por lo que se puede definir que el hombre ha buscado desde siempre manufacturar materiales para la construcción<sup>23</sup>.

En el mundo moderno se han suscitado diferentes sucesos económicos, sociales y naturales, algunos de los más representativos fueron la revolución industrial, las guerras de los tres últimos siglos como la primera y segunda guerra mundial y diversos desastres naturales como terremotos e inundaciones, eventos que casi siempre conlleva a una crisis económica, donde se tiene que acelerar la construcción de ciudades a un nivel más eficiente, aplicando irónicamente nuevos materiales desarrollados en algunos casos para fines de la industria militar.

En 1948 a finales de la posguerra se construyeron ciudades con sistemas industrializados, muchos de estos sistemas se han utilizado en Colombia aproximadamente en las dos últimas décadas, ha sido quizás un proceso lento debido al arraigo cultural relacionado a los sistemas tradicionales heredados en épocas de la conquista.

“La industrialización en la construcción estalla como consecuencia de la Primera Guerra Mundial, debido a la escasez mundial de materiales y mano de obra que esta trajo consigo, lo que aumentó los costos de construcción”. Este hecho causó un creciente interés en el desarrollo de la prefabricación de hormigón pre

---

<sup>23</sup> Estudio-Diagnóstico Sobre las Posibilidades del Desarrollo de una Edificación Residencial Industrializada Dirigida a satisfacer las necesidades de Vivienda Pública y muy especialmente en alquiler en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

esforzado como un medio de reducir el alto costo de la mano de obra y lo caro de incluir formaletas en las construcciones de hormigón vertido en “in situ”.

De 1918 a 1939 la mayor parte del interés y trabajo en prefabricación se llevó a cabo en aquellas áreas más severamente atacadas por la guerra, entre ellas, Inglaterra, Europa Occidental y Rusia.

Durante la época se realizaron investigaciones acerca de la forma de producir piezas prefabricadas estándar, tales como las usadas en edificios, duetos de tubería, puentes, etc. De esta manera hubo un gran progreso en la prefabricación de unidades para casas individuales así como también para condominios.

Más adelante: la escasez de vivienda, de mano de obra especializada y materiales que existía en Europa, como consecuencia de la segunda guerra mundial, motivó un cambio en la escala de desarrollo de los sistemas de construcción.

En algunos países de Europa y Francia, comienza la industrialización cuando se pone de manifiesto la necesidad de 250,000 viviendas anuales en los años posteriores a la guerra. Esto llevó a la realización de los primeros concursos para sistemas, como lo fue la operación Quaide Rotterdam a Estrasbourg de 800 viviendas. La Fábrica Motesson fue la primera en el mundo en ofrecer un sistema industrializado y recibió, en 1952, un contrato de 4,000 viviendas en paneles prefabricados, 2,000 al año”<sup>24</sup>.

“En 1953 y 1954 se llevó a cabo la operación Lopofa, cuyo objetivo era el desarrollar una serie de sistemas constructivos con los cuales se podrían proporcionar 36,000 viviendas. Se Promovió un concurso a nivel nacional en el que se hicieron 12,000 viviendas anuales en grupos de 10 participantes con

---

<sup>24</sup> Extraído de: NOVAS CABRERA, Joel A. Proyecto Fin de Master “Sistemas Constructivos Prefabricados Aplicables a la Construcción de Edificaciones en Países en Desarrollo”. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Civil: Construcción. Madrid, Septiembre 2010. Pág. 17.



1,200 viviendas cada uno. Esto llevo a que, entre 1952 y 1956, existiera ayuda gubernamental con la cual se promovía la industrialización de viviendas”<sup>25</sup>.

En 1971 se afirmaba que en Colombia la Industria de la construcción de viviendas estaba integrada por un complejo de entidades, actividades, necesidades, objetivos, criterios norma y condiciones diversas, dispersas y desarticuladas, que carecía de recursos financieros y humanos adecuados y de un sistema integral que organizara y racionalizara su desempeño. En sus primeras fases de transición de estado artesanal a industrializado, había entonces una notoria falta de planeación, programación y control de la producción, tanto en el campo industrial de materiales de construcción como en la construcción de la edificaciones, con sistemas constructivos artesanales<sup>26</sup>.

A mediados de los 70 la política de licitaciones abiertas permitió que se formaran y consolidaran grupos productores de vivienda industrializada de modo que a mediados de la década siguiente la participación de nuevas tecnologías (del Valle, 1984), era muy significativa<sup>27</sup>.

En Colombia la industria de los prefabricados inició sus actividades hace más de 20 años, habiendo alcanzado a desarrollar técnicas propias después de haber experimentado innumerables técnicas extranjeras<sup>28</sup>, en la búsqueda de ofrecer mejores alternativas de construcción se dan diversos sistemas innovadores de construcción de vivienda prefabricada, los cuales se encuentran regulados para que su diseño estructural y construcción se ajuste a un mínimo de seguridad requerido por el código colombiano de sismo-resistencia NSR-10, el cual está

---

<sup>25</sup> BLACHERE, G. Tecnologías de la Construcción Industrializada. Barcelona: Gustavo Gil. 1977. Pág.9.

<sup>26</sup> Vargas Caicedo, Hernando. Historia de la prefabricación en Colombia. Reunión del Concreto RC2010. Investigación patrocinada por el departamento de Arquitectura de la Universidad de los Andes. Asocreto Cartagena de Indias. Septiembre 22-23 y 24 de 2010. Colombia. Pág. 196

<sup>27</sup> Ibid, pág. 197.

<sup>28</sup> Vargas Caicedo, Hernando. Historia de la prefabricación en Colombia. Reunión del Concreto RC2010. Investigación patrocinada por el departamento de Arquitectura de la Universidad de los Andes. Asocreto Cartagena de Indias. Septiembre 22-23 y 24 de 2010. Colombia.

amparado en la ley 400 del 19 de agosto de 1997 por la cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes y la ley 1229 del 16 de julio de 2008 por la cual se modifica y adiciona la ley 400.

### **3. CAPÍTULO 3: MARCO CONCEPTUAL**

#### **3.1 Sistema Cresi**

Este capítulo, comienza por definir el sistema Cresi, hace una descripción de los procedimientos constructivos, de los materiales que se utilizan en este sistema modular. Más adelante, aborda lo que son los aditivos, las clases que existen dando una definición de ella. Para terminar expone unas conceptualizaciones importantes que contribuirán al entendimiento de todo el sistema Cresi.

El sistema prefabricado CRESI es un sistema de vivienda en Módulos Prefabricados de Concreto Reforzado (MPCR), los cuales están ensamblados mediante conectores de acero y barras tensoras. Este sistema fue creado, patentado y desarrollado por la empresa Colombiana FABRICASAS S.A., bajo la patente “*Sistema Modular para Construcción Prefabricada (CRESI)*”, Resolución 34443 y 44656 de la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia.

Los elementos que constituyen el sistema de vivienda CRESI, son módulos prefabricados de concreto reforzado (MPCR), contruidos con un concreto de alta resistencia y un tejido de refuerzo de acero o fibras de polipropileno, conectores de acero de 6 mm de diámetro y 80 mm de longitud, anclajes en platinas de acero y barras tensoras de 9,52 mm de diámetro.

#### **3.2 Descripción del sistema CRESI**

El procedimiento constructivo del sistema CRESI, se inicia con la construcción de un sistema de cimentación de acuerdo con la NSR-10, Título E. Los primeros

MPCR son conectados al sistema de cimentación mediante conectores de acero de 6 mm de diámetro. Seguidamente se procede a construir los muros que conformaran la vivienda. Los MPCR son ensamblados mediante los conectores de acero siguiendo una rutina similar a un sistema constructivo mampuesto, entre cada uno de los MPCR se coloca un material sellante no estructural, con la finalidad de llenar los pequeños vacíos naturales que puedan presentarse entre modulo y modulo y proveer un acabado mejor de los muros y el sistema.

Una vez se han construido todos los muros se procede al postensionamiento de cada una de la barras tensoras; este procedimiento se realiza de acuerdo con el diseño estructural para no producir efectos torsionales al sistema durante la aplicación de la carga a tracción en las barras.

La carga de tensionamiento es aplicada mediante un torque regulado a través de un taquímetro electrónico en cada una de las tuercas ubicadas en la parte superior de los muros. La magnitud de la carga a tracción aplicada a cada una de las barras está determinada desde el diseño estructural y depende del tipo de edificación y las cargas actuantes; bien sean de servicio, sísmicas o de viento.

El conjunto de barras tensoras son ancladas a la cimentación mediante anclaje mecánico (expansivo) o químico (epóxico), con la finalidad de amarrar la estructura (los muros) de la vivienda a la cimentación. Este conjunto de barras también obedece al diseño estructural, tienen la función de darle confinamiento a los muros y resistencia tanto en el plano como fuera de su propio plano.

El sistema de vivienda CRESI, es un sistema híbrido innovador entre el concreto reforzado prefabricado y la tecnología de barras de postensionamiento; esta combinación le suministra habilidades para alcanzar mayor resistencia estructural.

## Descripción de cada uno de estos materiales constitutivos

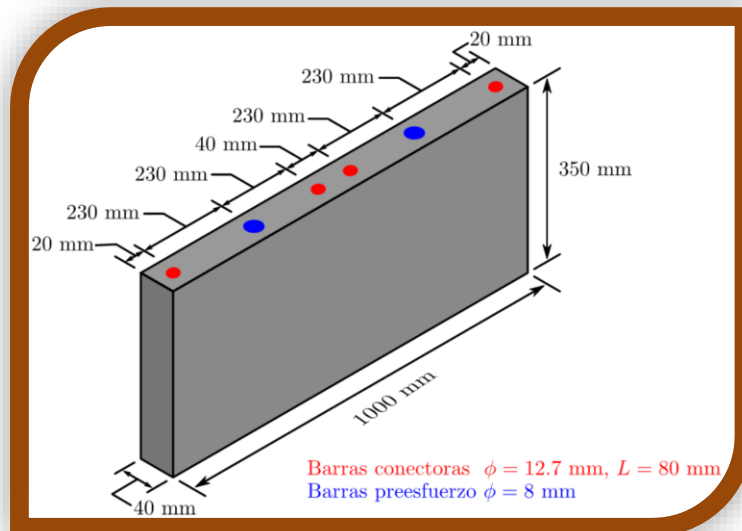
- **Propiedades mecánicas de los materiales constitutivos:** Las propiedades mecánicas de cada uno de los materiales constitutivos del sistema CRESI, se realizaron bajo cada uno de los parámetros y procedimientos incluidos dentro de cada una de las respectivas normas ASTM.
- **Del concreto:** Para fabricar el concreto de los MPCR, se utiliza un cemento Portland tipo I, arena para concreto, agregado grueso de 3/8 de pulgada y agua. La elaboración de la mezcla se hace de acuerdo con la norma ASTM-C31 y la resistencia a la compresión fue determinada de acuerdo con la norma ASTM-C39 M-12. La resistencia promedio que se obtiene es de 28 MPa. Actualmente todos los MPCR se fabrican para alcanzar esta resistencia.
- **Del acero de refuerzo:** Los MPCR son reforzados con una capa de malla cuadrada, esta malla es de 150mmx150mm de abertura y con una cuantía de refuerzo de acuerdo con la NSR-10, C-21,9., C-21,10 y C14,3. Los alambres de la malla trefilado son de 4 mm de diámetro. La malla según el fabricante tiene una resistencia a la fluencia de 485 MPa. Los conectores de acero tienen una resistencia a la fluencia de 420 MPa. Adicionalmente, el sistema CRESI utiliza un conjunto de barras de acero, roscadas en cada extremo y posteriormente atornillas a platinas de acero.

Las barras están dentro del sistema CRESI, ubicadas de acuerdo con el diseño estructural y el tipo de edificación. Estas barras tienen la finalidad de unir verticalmente los MPCR. Las barras de acero, son barras tensoras dentro del sistema; tienen un diámetro de 9,52 mm (3/8 de pulgada). Las barras tensoras fueron probadas en el laboratorio de acuerdo con los procedimientos de la Norma ASTM A370.

La resistencia promedio a la fluencia es de 696 MPa. Las Pletinas de acero, donde se atornillan las barras tensoras, son de acero tipo A36, con un esfuerzo a la fluencia de 280 MPa. Actualmente el sistema CRESI se construye con estos aceros y cuantías de refuerzo.

- **De los módulos de concreto reforzados:** Los MPCR tienen la geometría y dimensiones. Los orificios para el paso de las barras tensoras tienen un diámetro de 12,7 mm y de 8 mm para los conectores de acero.

**Figura 3-1:** Geometría y dimensiones de los MPCR



**Fuente:** imagen facilitada por la empresa Fabricasas.

Los MPCR fueron probados a flexión y compresión de acuerdo con los procedimientos de la Normas ASTM C78M-10 y la Norma ASTM C72M-10, respectivamente. Del ensayo a flexión se obtuvo la carga máxima y el módulo de rotura. La carga máxima promedio a la rotura es de 2.4 kN y el módulo de rotura (MOR) es de 6.20 MPa. La deflexión central promedio fue de 0.68 mm.

Para determinar la carga axial máxima a compresión en cada uno de los MPCR, se realizaron dos tipos de ensayos: en el primero se colocó la carga axial de manera excéntrica (a 1/6 de la mitad del espesor) y paralela a longitud mayor (1000 mm) y en el segundo se aplicó la carga concéntrica en la mitad del espesor del elemento y paralela a la longitud menor (350 mm).

En el primer ensayo la carga axial máxima es de 40.74 kN, la deflexión lateral máxima promedio es de 1.95 mm y el esfuerzo máximo a compresión es de 2.90 MPa. Para el segundo ensayo la carga axial concéntrica máxima es de 259.5 kN y el esfuerzo a compresión es de 6.50 MPa.

### **3.3 Definición y descripción de aditivo**

Según el comité ACI-212 (American Concrete Institute), “un aditivo es un material diferente al agua, agregaos, cemento hidráulico y fibras de refuerzo que se emplean como un ingrediente del concreto o mortero y se agrega a la mezcla inmediatamente antes, durante o después de su mezclado”, en consecuencia, el término abarca un campo extremadamente amplio de materiales y productos. Los aditivos por lo tanto son materiales que pueden incorporarse de manera individual al concreto y ejercer control sobre su dosificación.

El concepto de aditivo se considera a todo agente externo que se añade al concreto para mejorar las propiedades de éste ya sean mecánicas, físico químicas, química o físicas, así como también prevenir el daño al concreto de algún agente externo que actué sobre el mismo como puede ser las condiciones de intemperie agresiva. Existen diferentes tipos de aditivos, que se clasifican por su efecto y/o función en el concreto, la Norma Europea 4, define:

### **3.3.1 Aditivo inclusor de Aire**

Es un aditivo que permite incorporar durante el amasado una cantidad controlada de pequeñas burbujas de aire, uniformemente repartidas, que permanece después del endurecimiento. El aire se genera el concreto durante el proceso de mezcla. Normalmente la interfaz agua-aire es inestable debido a la alta tensión superficial del agua y las pequeñas burbujas se junta formando grandes vacíos (aire atrapado) que son removidos durante la compactación del concreto. Los aditivos inclusores de aire son surfactantes (agentes activantes de superficie) que concentran en la interfaz agua-aire y reducen la tensión superficial ayudando a la formación de burbujas estables.

El aire incluido mejora considerablemente la resistencia del concreto contra el descascaramiento de la superficie causado por los productos químicos descongelantes, evita que el concreto sufra expansiones las cuales provocan agrietamientos y hacen más susceptible al concreto a sufrir daños por ataque de sulfatos y reacciones álcali-agregado. También mejora la trabajabilidad del concreto fresco, y la segregación y el sangrado se reduce o se llega a eliminar.

### **3.3.2 Aditivo fluidizantes**

Estos aditivos producen un aumento en la fluidez de la mezcla, o bien, permiten reducir el agua requerida para obtener una mezcla de consistencia determinada, lo que resulta en un aumento de la trabajabilidad, mientras se mantiene el mismo revenimiento. Además, pueden provocar aumentos en la resistencia tanto al congelamiento como a los sulfatos y mejoran la adherencia. Algunos de estos son: Festerlith N , Dispercon N, dENSICRET, Quimiment , Adiquim, Resecret 1142 y 1146 , Adicreto , Sikament, Plastocreto , etc.



### **3.3.3 Aditivo retardantes del fraguado**

Son aditivos que retardan el tiempo de fraguado inicial en las mezclas y, por lo tanto, afectan su resistencia a edades tempranas. Estos pueden disminuir la resistencia inicial. Se recomienda para climas cálidos, grandes volúmenes o tiempos largos de transportación. Algunos de estos son: Resicret 1142, Durotard , Duro-Rock N-14, Festerlith R, Sonotard, Festard, Retarsol, Adicreto R , Densiplast R , etc.

### **3.3.4 Aditivo acelerantes de la resistencia**

Estos producen, como su nombre lo indica, un adelanto en el tiempo de fraguado inicial mediante la aceleración de la resistencia a edades tempranas. Se recomienda su uso en bajas temperaturas para adelantar descimbrados. Además, pueden disminuir la resistencia final. Dentro de estos productos se tiene: Rrmix , Festermix , Secosal, Dispercon A , Rapidolith , Daracel 1145 , Sikacrete , Fluimex , etc.

### **3.3.5 Aditivo estabilizadores de volumen**

Producen una expansión controlada que compensa la contracción de la mezcla durante el fraguado y después la de este. Se recomienda su empleo en bases de apoyo de maquinaria, rellenos y resanes. Algunos de estos productos son : Vibrocreto 1137 , Pegacreto , Inc 1105, Expancon, Ferticon Imp , Kemox B , Interplast C , Ferrolith G , Fester Growth NM , Ferroset , etc.

### 3.3.6 Aditivo endurecedores

Son aditivos que aumentan la resistencia al desgaste originado por efectos de impacto y vibraciones. Reducen la formación de polvo y algunos de este tipo son: Master Plate , Anviltop , Lapidolith , Ferrolith IT , Ferrofest H , Duracreto , etc.

También se cuenta con otro tipo de aditivos como son los impermeabilizantes, las membranas de curado y los adhesivos. Dentro de estos productos se tiene para los impermeabilizantes, Fluigral Pol, Festegral , Impercon , Sikalite, etc. Para membranas, el Curacreto, Curafilm 1149, curalit, etc. y, para los adhesivos que se usan para ligar concreto viejo con nuevo, Adhecon B, Fester bond , Pegacreto , Epoxicreto NV , Ligacret, etc.

### 3.4 Definición y descripción de fibra de vidrio

La fibra de vidrio es vidrio en forma de filamentos, estos pueden ser hechos con diversos tipos de vidrio, designados con las letras A, B, ERC, C, D, R y S. Los más utilizados para refuerzo de productos son los de tipo E (eléctrico), R (alta resistencia mecánica y módulo de elasticidad) y C (alta resistencia química).

El vidrio fundido es obligado a pasar por unos canales de 1200°C obteniéndose las fibras primitivas que luego se humidifican, enciman, ensamblan y bobinan. El grosor del filamento en la fibra de vidrio se mide en tex, o número de gramos que pesa el hilo por cada 1000 metros de longitud. Existen desde 68 tex a 5000 tex con una nomenclatura predeterminada, los más habituales son 2400 y 1200 tex.

**Las presentaciones de la fibra de vidrio se clasifican en:**

- **Tejido:** Se emplea para conseguir resistencia en dos direcciones.

- **Mat:** fieltro de hilos continuos o troceados mantenidos por un ligante adaptado al modelo.
- **Roving:** Hilos continuos formando un hebra principalmente utilizadas en la técnica de enrollamiento Filamentario.

Al conocerse lo que el sistema Cresi es actualmente y las potencialidades como sistema alternativo de construcción, se busca entonces trascender este sistema prefabricado a través del aumento del espesor de sus paneles de 3,5cm a 6,5cm, con el interés de que exista una mayor resistencia en la vivienda al tiempo que se logra mejorar su diseño en relación con las redes eléctricas e hidrosanitarias, las cuales en la actualidad no pueden quedar embebidas por el espesor de 3,5 centímetros, ya que perjudicaría la estabilidad de la estructura, ocasionando que las personas que adquieren este sistema deben realizar revoques de más de 2 centímetros o colocar doble placa, lo que incrementa los costos económicos, teniendo presente que el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE<sup>29</sup>, no permite que los cables queden dentro de los paneles ni expuestos.

Del mismo modo al aumentar el espesor de los paneles del sistema Cresi no sólo se lograría mejorar el sistema técnicamente en cuanto a su resistencia y en su valor económico sino que también se lograría mejorar la protección de quienes habitan las viviendas construidas en este sistema, mejorar su economía, al tiempo que se aumenta la percepción de seguridad y aceptación del sistema por parte de la población usuaria, quienes por tradición cultural prefieren los sistemas de construcción tradicional sobre los prefabricados, basando esta preferencia en el espesor de los muros los cuales son mayores en los sistemas de construcción tradicional donde utilizan ladrillo de arcilla y bloques de cemento.

---

<sup>29</sup> Adoptado mediante Resolución 180398 del 7 de abril de 2004 y modificado parcialmente con la Resolución 180498 del 29 de abril de 2005 y la Resolución 181419 del 01 de noviembre de 2005. [http://www.upme.gov.co/Docs/Cartilla\\_Retie.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Cartilla_Retie.pdf)

### 3.5 Categoría económica

En cuanto al análisis económico no se realizará sólo desde la evaluación financiera del sistema Cresi, sino que se busca una evaluación económica que integre la parte monetaria en cuanto a su rentabilidad en términos de dinero como los beneficios expresados en otras unidades relacionadas con la mejora en la calidad de vida de una comunidad, es buscar no solo la rentabilidad sino también el beneficio de tipo social, integrando tanto el factor anteriormente analizado de seguridad y el económico.

Una posible definición de “evaluación económica” es la siguiente: “Análisis comparativo de las acciones alternativas tanto en términos de costes como de beneficios”.<sup>30</sup>

De acuerdo con Lauchlin Currie “desde el punto de vista del análisis macro económico a nivel nacional, la clase de la demanda y el volumen de los gastos en vivienda en relación al ingreso tienen implicaciones importantes”. La demanda surge no sólo al formarse nuevas familias, sino prácticamente de todas las familias interesadas en mejorar o elevar el status de su vivienda o de su localización”<sup>31</sup>.

### 3.6 Percepción de seguridad

Se trata de un imaginario complejo construido socialmente, que se caracteriza por existir antes de que se produzca un hecho de violencia (probabilidad de ocurrencia), pero también después de ocurrido (por el temor de que pueda volver

---

<sup>30</sup> George W. Torrance (1991): Métodos para la evaluación económica de los programas de atención de la salud. Ed. Díaz de Santos, Madrid.

<sup>31</sup> Currie, Lauchlin. Reactivación, crecimiento y estabilidad. Fondo Editorial Legis. 1988. ISBN 958-9042-29-5. Bogotá. Pag. 154.

a suceder). Es anterior, en la medida en que existe el temor de que se produzca un acto violento sin haberlo vivido directamente y, puede ser posterior porque el miedo nace de la socialización (allí el papel de los medios de comunicación) de un hecho de violencia ocurrido a otra persona.

De acuerdo con Ulrich Beck “La dinámica de la sociedad de riesgo comienza con el fin de la tradición; es decir, se inicia donde se decoloran los ambientes sociales de orden moral en el curso de procesos progresivos de modernización e individualización. El concepto del riesgo supone opciones y decisiones.”<sup>32</sup>.

La teoría de la sociedad de riesgo se concretiza “en dos sociologías especiales: por un lado, las formas de vida casi familiares; por otro lado, en la sociología de la sociedad de trabajo y su erosionamiento en el curso de prologados cambios estructurales”<sup>33</sup>.

Esta situación de riesgo afecta la forma en como las personas perciben culturalmente los nuevos sistemas de construcción que hacen parte de una modernización industrial y de la aplicación de nuevas tecnologías, que obligan al ser humano a pensar diferente y salirse de las creencias que de generación en generación se han ido estableciendo en sus pensamientos colectivos basados en la cultura.

“Por su naturaleza una cultura es algo muy arraigado que no cede fácilmente ante un cambio, el cual normalmente se origina en desarrollos ajenos a ella. Quienes están a punto de tomar parte activa en la toma de decisiones de una comunidad, son también el producto de una cultura particular. Un cambio en el medio ambiente puede requerir, o al menos puede ser considerablemente acelerado por, un cambio desde el interior.

---

<sup>32</sup> Ulrich Beck. La teoría de la sociedad del riesgo reformulada. Pag. 173

<sup>33</sup> Ibid, pag. 173

La cultura de una comunidad rural más o menos auto-subsistente es obviamente más resistente al cambio que aquella que ya ha recorrido un buen trayecto del camino a la industrialización y la urbanización”<sup>34</sup>.

“La conformación de las percepciones sobre la realidad que vive el sujeto, es influida por el conjunto de condiciones económicas y sociales, así como creencia y valores del grupo social en donde emergen, agregándose insumos canalizados por la comunicación interpersonal y masiva, en las que participa el sujeto en su vida cotidiana y a lo largo de su existencia”.<sup>35</sup>

Es así como los pensamientos, los sentimientos, los valores, las acciones y hechos de la vida cotidiana van creando como lo define Schutz “el conocimiento de sentido común”<sup>36</sup>, partiendo de allí es que una comunidad puede quizás describir su percepción de riesgo basados en lo que para ellos el sistema de construcción Cresi significa en relación con el sistema de construcción tradicional.

Por lo consiguiente es importante no sólo ver la posibilidad de potencializar el sistema Cresi desde lo técnico, sino también a partir del impacto económico y la aceptación del mismo en la sociedad desde la percepción de seguridad que puede generar este sistema como alternativa en la construcción de sus viviendas.

### **3.7 La noción de hábitat**

“La noción de hábitat tiene su origen más conocido en la ecología natural como el sistema compuesto de los seres vivos (plantas animales), y sus relaciones con el

---

<sup>34</sup> Currie, Lauchlin. Reactivación, crecimiento y estabilidad. Fondo Editorial Legis. 1988. ISBN 958-9042-29-5. Bogotá. Pag. 198.

<sup>35</sup> Mabel Padlog. La Potencia del Enfoque Cualitativo para el Estudio de la Percepción del Riesgo. Espacio Abierto Cuaderno Venezolano de Sociología. ISSN 1315-006. Vol 18 No.3 (Julio – Septiembre, 2009): 413-421. Pag. 6.

<sup>36</sup> Schütz, A. Luckman, T (1989). Las estructuras del mundo de la vida. Buenos Aires: Amorrortu.

entorno. Posteriormente, se amplía para incluir a los seres humanos y constituir el hábitat humano, y es desde aquí desde donde se comienzan a considerar los asentamientos humanos, y a establecer relaciones entre los seres humanos organizados como sociedad y su entorno natural”<sup>37</sup>.

El hábitat, es el espacio donde se desarrollan las actividades productivas, culturales, estéticas y afectivas del hombre. Es el medio donde los seres vivos evolucionan

### **Sistema constructivo**

Es un conjunto de elementos, materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos, que son característicos para un tipo de edificación en particular, Un ejemplo claro, de elemento, es el denominado “ladrillo”. Esta pieza permite levantar muros, hacer pisos y techos. Además, tiene la facultad de crear numerosas formas, con la misma pieza, como: bóvedas, arcos, entre otros.

Dentro de este sistema prima la utilización de paneles formados por 2 mallas de acero vinculadas por tensores de alambre de acero galvanizado con una placa intermedia aislante térmica. A la que se le coloca, una vez ubicados en su destino, hormigón proyectado. Se construye sobre una platea de vigas de encadenado, sobre la que se montan los paneles; se refuerzan con hierro los ángulos y finalmente se ubican las cañerías de las instalaciones y se proyecta el mortero o revoque en una o dos capas.

En relación con José Garciandía “Un sistema es un conjunto de elementos, acciones o individuos que conforman una unidad global como consecuencia de la

---

<sup>37</sup> Echeverri, María C. Zuleta, Fabián. ¿Qué es el hábitat? Las preguntas por el hábitat. Universidad Nacional de Colombia. Escuela del Hábitat- CEHAP. Facultad de Arquitectura sede Medellín. 2009. P-119.

organización que surge de la interrelaciones regulares, estables, constantes y persistentes entre los mismos”<sup>38</sup>.

En este sentido se puede entender por sistema constructivo el conjunto de elementos y unidades de un edificio que forman una organización funcional con una misión constructiva común, sea ésta de sostén (estructura), de definición y protección de espacios habitables (cerramientos), de obtención de confort (acondicionamiento) o de expresión de imagen y aspecto (decoración).

Según Urdaneta: el “Sistema de construcción industrializado, es un esquema de construcción mediante la adecuada planeación de las tareas y presupuestos, y una selección de equipos y materiales puede generar elevados rendimientos en obra y optimizar los recursos, sin afectar las condiciones económicas y la generación de empleo”.<sup>39</sup>.

**Sistema de construcción prefabricado.** Se conoce como prefabricación al sistema constructivo basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en serie en una fábrica fuera de su ubicación final y que en su posición definitiva, tras una fase de montaje simple, preciso y no laborioso, conforman el todo o una parte de un edificio o construcción<sup>40</sup>.

Según Hernando Vargas<sup>41</sup>, en Colombia la prefabricación se clasifica generalmente en:

---

<sup>38</sup> GARCIANDÍA IMAZ, José A. Pensar sistémico. Capítulo III Un silencioso Camino (del objeto al sistema). Ed. Javeriana. Pág. 107.

<sup>39</sup>URDANETA, G. Recuperado el 06/08/2010 de Scribd: <http://www.scribd.com/doc/14216130/industrialización-de-la-construcción>.

<sup>40</sup><http://www.monografias.com/trabajos93/comparacion-sistemas-constructivos/comparacion-sistemas-constructivos.shtml#xzz3WUDrAoxd>

<sup>41</sup> Vargas Caicedo, Hernando. Historia de la prefabricación en Colombia. Reunión del Concreto RC2010. Investigación patrocinada por el departamento de Arquitectura de la Universidad de los Andes. Asocreto Cartagena de Indias. Septiembre 22-23 y 24 de 2010. Colombia. Pág. 151-152.



- **Sistemas Abiertos:** Utilizan elementos constructivos fabricados en serie, de distinta procedencia. Gracias a una disciplina general de coordinación dimensional. Estos elementos se prestan al montaje según combinaciones variables, lo cual los hace prácticamente intercambiables.
- **Sistemas Cerrados:** Utilizan elementos constructivos fabricados en serie, que no han sido diseñados para ser intercambiados con otros elementos de procedencia ajena al propio sistema.

Dentro de cada una de estas clases se distinguen las siguientes sub-clases:

- **Sistemas Integrados:** Se componen de un número suficiente de elementos constructivos distintos, que permiten la construcción de una vivienda o edificación completa.
- **Soluciones Parciales:** Se componen de un número suficiente de elementos constructivos distintos que permiten la construcción de solo una parte de una vivienda o edificación.
- **Elementos constructivos independientes:** No obedecen a sistema alguno, pero comúnmente se denominan también prefabricados.

A continuación se presenta una descripción de algunos sistemas constructivos que utilizan elementos prefabricados. Esta información se extraxta de un informe preparado por la Universidad de los Andes y Metrovivienda en la ciudad de Santa Fe de Bogotá<sup>42</sup>.

**Sistema Constructivo Losas:** Este sistema se clasifica como prefabricado e industrializado. Emplea vigas de cimentación, placas de entrepiso, paneles en ladrillo, cubierta y escaleras. Ha sido desarrollado por la ladrillera Santa Fe de

---

<sup>42</sup> Universidad de los Andes. Vivienda de Interés Social: Inventario de sistemas constructivos. Alcaldía Mayor Santa Fe de Bogotá. 2000.

Bogotá desde 1998 a partir de elementos prefabricados de mampostería de arcilla que se montan en la obra conformando estructuras similares a las de mampostería reforzada lo cual le permite contar con una certificación frente a los requisitos de la NSR-10. Es una alternativa atractiva puesto que su principal insumo es el ladrillo, el cual permite una buena acogida por el usuario. Genera relativamente poco desperdicio y cumple especificaciones sismoresistentes. En la Figura 4-1 se muestra el proceso constructivo.

**Figura 3-2:** Proceso Constructivo Sistema Losas

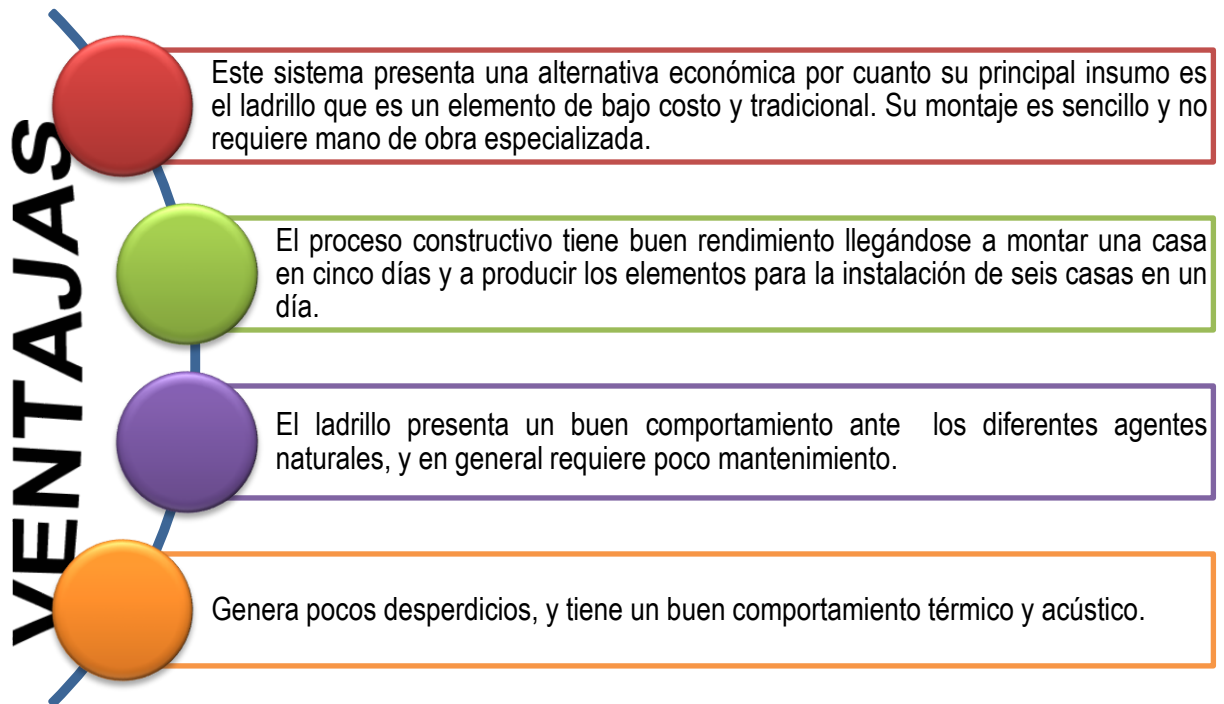


**Fuente:** [http://detateca.unad.edu.co/contenidos/102803 MODULO ACADEMICO/lección 21 prefabricados en ladrillo.html](http://detateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO_ACADEMICO/lección%20prefabricados%20en%20ladrillo.html).

Todos los materiales utilizados en el sistema tienen una probabilidad de aceptación alta, debido a la tradición del uso de la mampostería para la construcción de vivienda en Colombia.

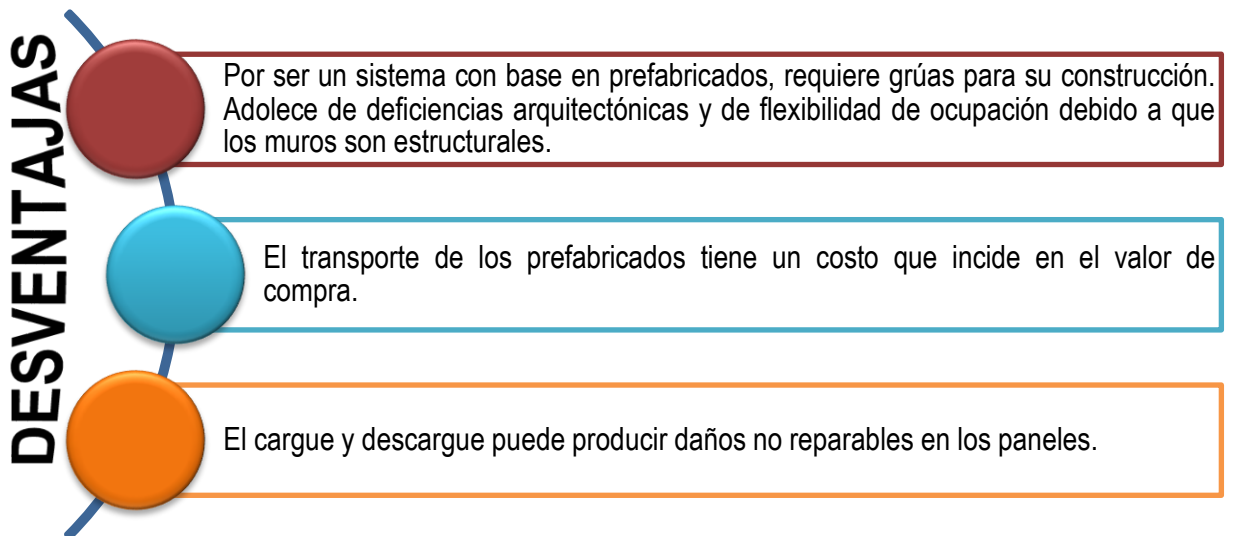
Los elementos básicos del sistema son las unidades de mampostería en arcilla, el mortero de pega, la lechada de relleno y el refuerzo. Por otro lado se pueden considerar como elementos prefabricados para el entrepiso, los pasos de escaleras y otros prefabricados menores.

### Ventajas del Proceso Constructivo Sistema Losas



*Fuente: Universidad de los Andes. Vivienda de Interés social: Inventario de sistemas constructivos. Alcaldía Mayor de Santa Fe Bogotá. 2000.*

### Desventajas del Proceso Constructivo Sistema Losas

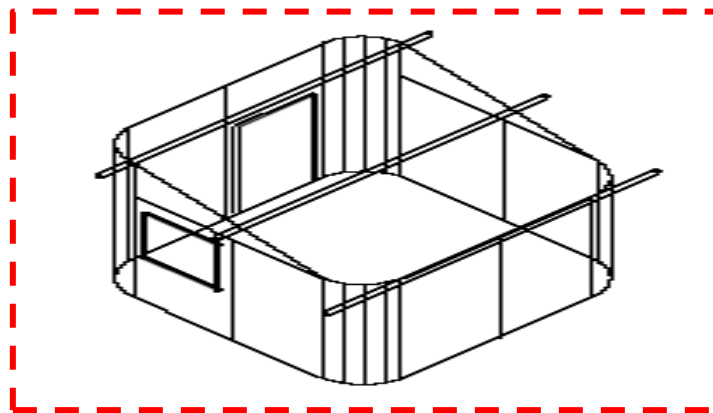


*Fuente: Universidad de los Andes. Vivienda de Interés social: Inventario de sistemas constructivos. Alcaldía Mayor de Santa Fe Bogotá. 2000.*

- **Vivienda celular eternit:** La vivienda celular eternit es una alternativa conformada por muros estructurales de fibrocemento. Las células de fibrocemento que conforman el sistema son prefabricadas en planta y transportadas al sitio de destino final para ser ensambladas de acuerdo con el diseño arquitectónico. Los primeros estudios llevados a cabo para la construcción de vivienda a través de este sistema se realizaron en la planta de producción de la empresa eternit. Estos estudios arrojaron como resultado un sistema de vivienda celular con propiedades sismoresistentes.

El sistema de vivienda celular es una técnica para construir módulos tridimensionales, utilizando elementos laminares planos y esquineras curvas de cemento reforzado, ensamblados entre sí mediante uniones mecánicas como: tornillos, remaches y pegantes epóxicos; y reforzados por medio de cintas de amarre verticales y horizontales. Las cintas de refuerzo pueden ir a la vista, ocultarse con pañete, o con otras placas. Dentro del sistema la célula es el módulo básico, cuyas dimensiones en planta son 3.00m x 3.00m. La distribución arquitectónica de las viviendas está sujeta a la disposición de los paquetes industriales (kits), que ofrece la empresa productora. En la Figura 3-3 se muestra una célula básica.

**Figura 3-3:** Vivienda Celular Eternit



**Fuente:** [http://detateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO\\_ACADEMICO/lección 21 prefabricados en ladrillo.html](http://detateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO_ACADEMICO/lección%20prefabricados%20en%20ladrillo.html).

Para casas de dos pisos el sistema de vivienda celular dispone de una estructura metálica para soportar las cargas del segundo piso (paredes y placa). En la Figura se presenta una edificación terminada.

**Figura 3-4:** Vivienda celular terminada



**Fuente:** [http://detateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO ACADEMICO/lección 21 prefabricados en ladrillo.html](http://detateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO_ACADEMICO/lección%201%20prefabricados%20en%20ladrillo.html).

- Por las características físicas, como el peso y cantidad de material empleado para la fabricación de los elementos que conforman las células, el sistema de construcción es ágil, versátil y económico.
- El sistema permite la aplicación de diferentes tipos de acabados tanto en muros exteriores como en los interiores, al igual que en los pisos.
- El sistema tiene una ocupación espacial de solo el 2% en muros, lo cual hace que se aprovechen al máximo los espacios de la vivienda, y se pierda la sensación del espacio reducido de las células.
- El equipo especial requerido en este sistema se limita a herramientas como taladros y remachadoras. Las demás herramientas utilizadas son las que se emplean comúnmente en la construcción de vivienda. No se necesita equipo especial para el izado de los elementos dadas sus características geométricas y su bajo peso.

#### Ventajas



- La distribución arquitectónica de las viviendas está sujeta a la disposición de los paquetes industriales (kits), que ofrece la empresa productora. Soluciones arquitectónicas diferentes deben ser objeto de estudio por parte del productor.
- Debe aplicarse una capa para evitar las manchas y la condensación de las láminas.
- El aislamiento térmico y acústico sólo se garantiza con paredes de doble lámina.
- Reacción cultural a los acabados y textura finales de las paredes con poco espesor.
- La cubierta está limitada al uso de tejas livianas.

#### Desventajas

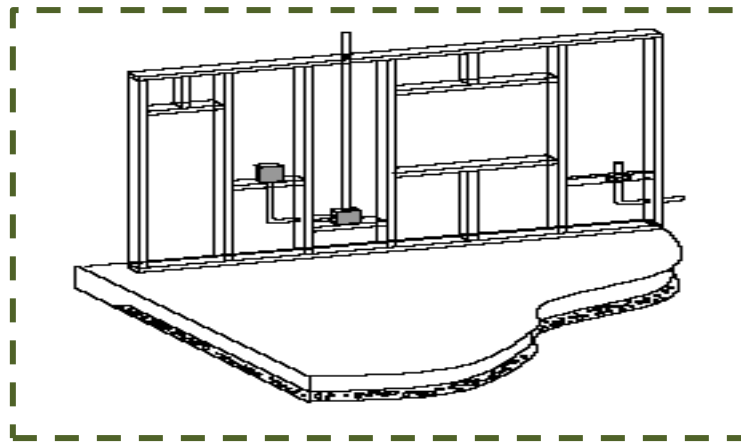


**Fuente:** Universidad de los Andes. Vivienda de Interés social: Inventario de sistemas constructivos. Alcaldía Mayor de Santa Fe Bogotá. 2000.

- **Sistema Plycem:** El sistema constructivo PLYCEM está conformado por una estructura de perfiles livianos de acero formados en frío y unidos entre sí, a los cuales se les fijan las láminas PLYCEM de fibrocemento. Las láminas de PLYCEM son fabricadas con una mezcla de cemento portland reforzado con fibras de celulosa mineralizada, completamente libre de asbesto. Estos elementos son procesados mediante un complejo sistema industrial en plantas especializadas. El sistema de fabricación permite obtener láminas desde 5 mm hasta 30 mm de espesor.

Para abastecer la demanda en Colombia es necesario, que las láminas sean importadas desde países como Venezuela o Ecuador, ya que en Colombia no existe todavía una planta para fabricarlas. En la Figura 4-3 se muestra la estructura interna de los muros antes de colocarse el forro.

**Figura 3-5:** Estructura del Sistema Plycem



**Fuente:** [http://detateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO ACADEMICO/lección 21 prefabricados en ladrillo.html](http://detateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO%20ACADEMICO/lección%20prefabricados%20en%20ladrillo.html).

Desde que se conoce, la madera ha sido uno de los materiales más utilizados para construir sistemas livianos para vivienda. Sin embargo, con el tiempo se han venido utilizando otro tipo de materiales como acero y láminas de fibrocemento.

Este sistema constructivo ofrece dos alternativas para construcción: el sistema PLYCEM 1000 o básico que utiliza como elementos estructurales únicamente láminas PLYCEM; y el sistema PLYCEM 2000 que utiliza dos láminas PLYCEM apoyadas y separadas por perfiles de acero.

El sistema constructivo PLYCEM trabaja las normas técnicas de Estados Unidos para sistemas constructivos livianos y está afiliado a la AISI que regula las construcciones con estructura metálica en ese país. En Colombia la normatividad con respecto a sistemas constructivos livianos es muy reducida. Sin embargo, se han desarrollado tablas de cálculo con base en la NRS-10 para asegurar un buen comportamiento sismo resistente de este sistema en particular.

### Ventajas y desventajas de la Estructura del Sistema Plycem

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrece una gran rapidez constructiva, puesto que los productos se despachan semiacabados y el trabajo que se debe hacer en obra es menor. Usa elementos prefabricados producidos a escala industrial. Esta condición permite controlar los requerimientos de calidad.</li> <li>• Por ser un sistema constructivo liviano se puede considerar que tiene un comportamiento estructural óptimo.</li> <li>• Los módulos de PLYCEM se pueden trasladar a sitios remotos y de difícil acceso, gracias a que su peso promedio varía entre 1.10 y 1.25 kg/m por cada milímetro de espesor.</li> <li>• Brinda una buena calidad de vida a sus ocupantes. Tiene un buen aislamiento térmico y acústico, es resistente a los efectos de la humedad, es incombustible y a prueba de plagas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las láminas de PLYCEM tienen que ser importados desde Ecuador o Venezuela. Esto implica unos sobrecostos en transporte y estar supeditados a las relaciones comerciales con estos países.</li> <li>• Debido a las características de las láminas PLYCEM es necesario utilizar una serie de productos complementarios al sistema con base en elementos acrílicos.</li> </ul>

**Fuente:** Universidad de los Andes. Vivienda de Interés social: Inventario de sistemas constructivos. Alcaldía Mayor de Santa Fe Bogotá. 2000.

- **Sistema Royalco:** Este sistema se puede clasificar como industrializado tanto en su montaje in situ como en su proceso de producción de prefabricados en planta, ya que siguiendo un proceso repetitivo y ordinario permite la producción y montaje en serie de unidades de vivienda.

Este sistema maneja muros cargueros y está integrado por una serie de perfiles de PVC rígido, los cuales se ensamblan entre sí formando paredes, que se llenan en concreto fluido creando una estructura monolítica muy resistente. Se refuerza con varillas horizontales y verticales de acuerdo con el cálculo estructural. El sistema como tal, utiliza perfiles de Policloruro de vinilo (PVC) rígido perforados en forma lateral, tanto para muros como para techos. Estos perfiles actúan como un encofrado perdido, ya que en su interior se incorpora un hormigón común o celular, según el caso, que cumple funciones estructurales y de aislamiento térmico. Dicho aislamiento se complementa exteriormente con planchas de poliestireno expandido bajo un "siding" también de PVC rígido.

Los entresijos en las viviendas de dos plantas, son resueltos utilizando vigas de chapa doblada sobre las que se instala una chapa galvanizada ondulada, que actúa como encofrado perdido, para una losa de hormigón armado de espesor y armadura según cálculo estructural.

El sistema no es prefabricado; se trata de un sistema de construcción con muros vaciados en sitio, cuya única diferencia con un sistema de formaletas corrientes radica en el hecho que no hay una conexión continua del concreto entre módulos; las conexiones horizontales son intermitentes porque ocurren solamente a través de las perforaciones horizontales de los módulos.

Esto equivale a decir que hay un aparente debilitamiento del concreto en los planos verticales de unión entre los módulos de formaleta, pero el sistema permite

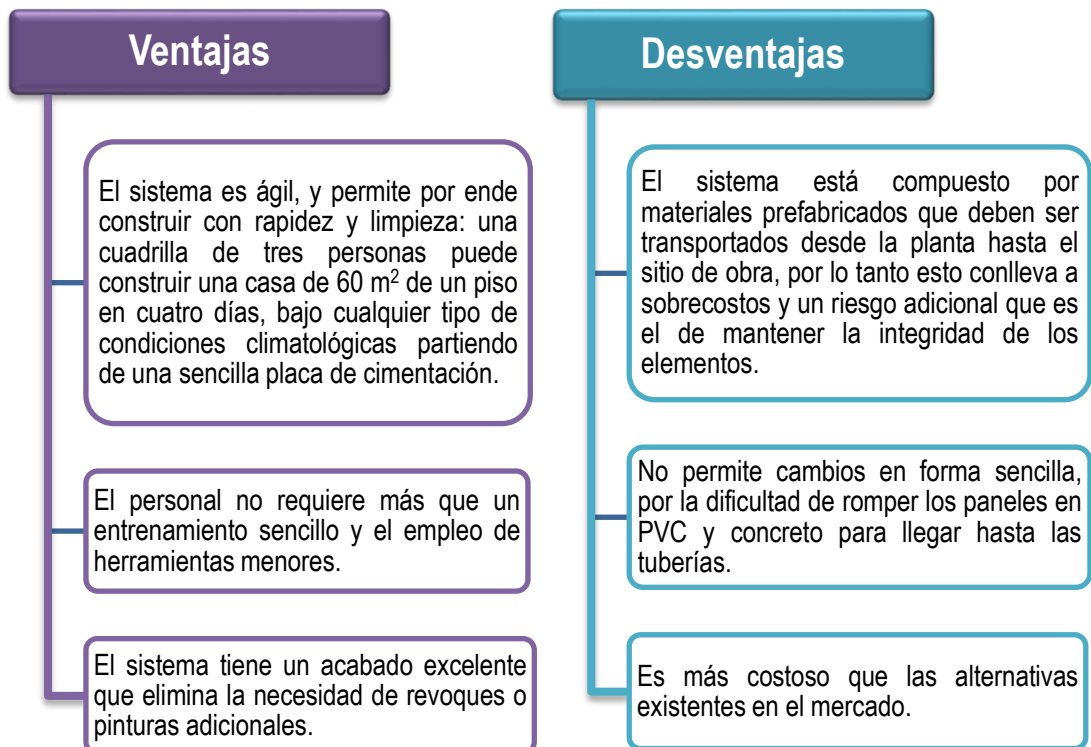


la colocación de refuerzo vertical donde lo requiera el diseño estructural y de refuerzo horizontal en las perforaciones horizontales que se requieran.

**Figura 3-6:** Vivienda con muros de PVC Royalco



**Fuente:** [http://detateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO\\_ACADEMICO/lección 21 prefabricados en ladrillo.html](http://detateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO_ACADEMICO/lección%20prefabricados%20en%20ladrillo.html).



**Fuente:** Universidad de los Andes. Vivienda de Interés social: Inventario de sistemas constructivos. Alcaldía Mayor de Santa Fé Bogotá. 2000.

- **Sistema SpeedCo:** El sistema constructivo SpeedCo es un método industrializado, que se fundamenta en la tecnología de producción de paneles prefabricados en poliuretano expandido y fibrocemento. La estructura de las edificaciones está compuesta por perfiles de aluminio que se fijan a la cimentación mediante herrajes de rápida instalación. Sobre la perfilería se fijan los paneles que constituyen las paredes de la construcción.

Éste sistema se adapta a las necesidades concretas del diseño arquitectónico en estilo, formas, tamaños y usos, cumpliendo con normas constructivas locales e internacionales.

Los materiales de construcción son entregados en las cantidades y medidas precisas sin generar escombros ni materia de desperdicio y permitiendo la planeación estricta de la obra. Las características técnicas de los materiales, de aislamiento térmico y acústico, proveen confort y ahorro de energía en la edificación.

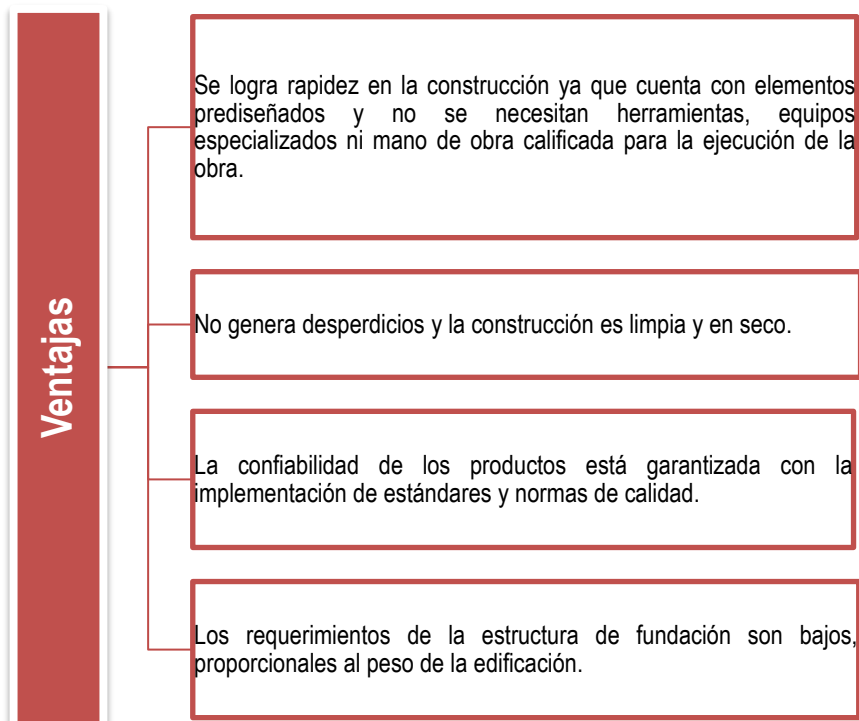
Los muros no pueden sobrepasar luces mayores de 6 m entre elementos sin refuerzo estructural adicional. No se debe utilizar como muro portante de una segunda planta o de apoyo de techos con pendientes muy pronunciadas (dependiendo de la longitud de la pendiente). Las edificaciones de dos pisos deben tener una estructura metálica que cargue la placa y provea consistencia a la construcción. En este caso la estructura debe cumplir con los requerimientos propios de este tipo de estructuras.

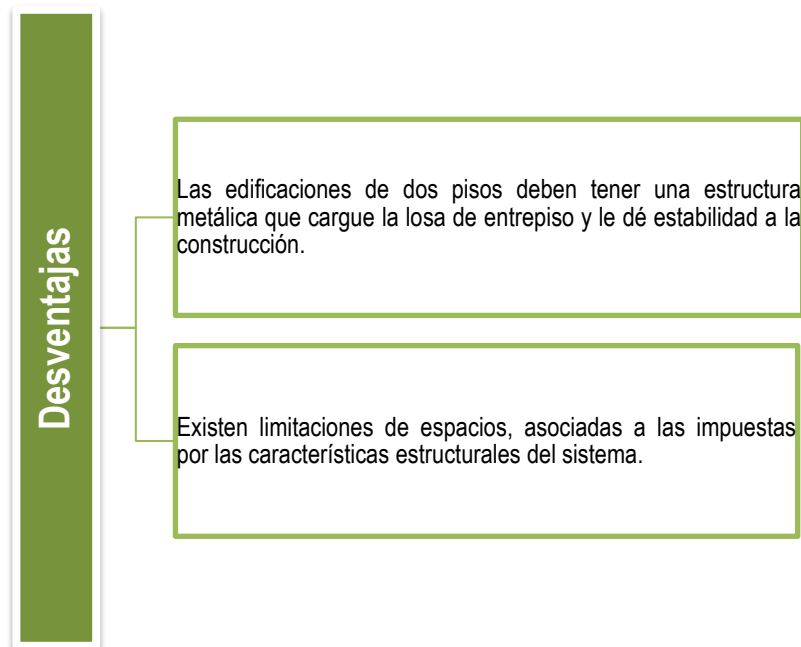
El sistema tiene estudios de sismo resistencia, que acompañan las memorias de los diseños estructurales, y sobre él se han realizado pruebas y ensayos, por parte de la empresa, avalados por la Asociación de Ingeniería Sísmica AIS.

**Figura 3-7:** Proceso constructivo sistema SpeedCo

**Fuente:** Universidad de los Andes. *Vivienda de Interés social: Inventario de sistemas constructivos. Alcaldía Mayor de Santa Fé Bogotá. 2000.*

Para conformar una estructura de diafragma los paneles son enmarcados por perfiles de aluminio según su disposición arquitectónica. Estructuralmente el sistema requiere una placa de cimentación de 10 cm de espesor. Los requerimientos de la estructura de fundación son bajos, proporcionales al peso de la edificación. Para garantizar el comportamiento estructural de los paneles de 35 mm las instalaciones deben anclarse en la superficie de los paneles. Las láminas de mayor espesor permiten perforarse para ocultar las tuberías.





**Fuente:** Universidad de los Andes. *Vivienda de Interés social: Inventario de sistemas constructivos.* Alcaldía Mayor de Santa Fé Bogotá. 2000.

- **Servivienda:** Emplea una tecnología de construcción basada en la utilización de módulos prefabricados a escala industrial con equipos convencionales. Los módulos se fabrican con materiales de uso corriente en diversos medios. Para la fabricación de los módulos se utiliza una formaletería sencilla, láminas y ángulos.

Los elementos complementarios del sistema, pueden ser fabricados en diversos materiales y adquiridos con diferentes proveedores según especificaciones determinadas previamente.

La construcción de la estructura comprende el ensamble rápido de los módulos de concreto dentro de perfiles de lámina galvanizada (calibre 26), conformando así los cerramientos y distribuciones de la vivienda. Sobre esta estructura vertical, se descarga la cubierta o la losa del segundo piso según sea el caso. Se debe incorporar en obra la cimentación, la cual puede ser una retícula de vigas de fundación, que también se puede construir con elementos prefabricados incluidos en el costo de la vivienda, o una losa vaciada sobre el terreno, dejando algunos

elementos para facilitar las instalaciones complementarias. También es aplicable el sistema a terrazas ya existentes, donde generalmente se funde un sobre espesor del piso para colocar la tubería de las instalaciones.

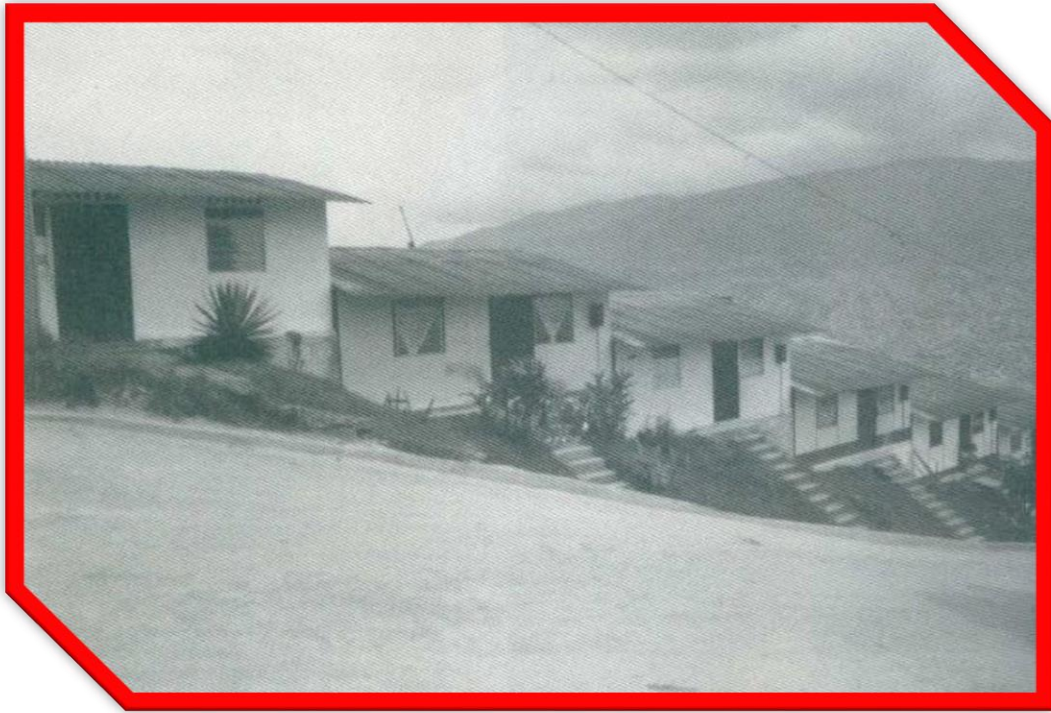
Su producción se puede realizar en diferentes sitios a la planta piloto, accediendo así a lugares muy apartados, a su vez se disminuyen los costos de transporte y de daños por este mismo. Con la fabricación en zonas apartadas, se utilizan los insumos de la zona, así como la mano de obra de la comunidad, favoreciendo procesos de auto ayuda y realizando así un trabajo llave en mano.

La carga que transmite al suelo es mínima, aproximadamente 1 kf/cm<sup>2</sup>, lo que facilita que en viviendas de un solo piso y en zonas de riesgo sísmico bajo, no necesiten elementos de anclaje.

Los módulos están compuestos por concreto macizo de 3,2 cm de espesor y 1.0 m x 1.0 m (aunque las dimensiones efectivas, con el fin de facilitar el paso de ductos y mejor modulación son de 0.97 m x 0.97 m). El concreto que se utiliza debe tener una resistencia mínima de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

La experiencia de más de 20 años, las miles de construcciones levantadas tanto en Colombia como Ecuador, Honduras, Nicaragua y Perú, sumada a los cálculos y a los ensayos realizados en diversos laboratorios entre los cuales se encuentra la Universidad de los Andes y la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, ha confirmado que ante la cargas sísmicas las casas se comportan de una manera satisfactoria

**Figura 3-8:** Sistema Servivienda



**Fuente:** Universidad de los Andes. *Vivienda de Interés social: Inventario de sistemas constructivos.* Alcaldía Mayor de Santa Fé Bogotá. 2000.

Las estructuras con sistema de módulos prefabricados son más livianas que las construcciones en concreto o mampostería tradicional, lo que puede permitir un ahorro en la construcción de los cimientos. Para construcciones de un solo piso la cimentación debe cumplir con los requerimientos mínimos que exige la norma NSR-10.

Los diferentes elementos que conforman la construcción se almacenan en las plantas, en donde son seleccionados según los requerimientos arquitectónicos, y se agrupan el día anterior al despacho. Los elementos pueden cargarse, descargarse y ensamblarse sin necesidad de grúas o andamios.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se adapta a las condiciones de mano de obra y materiales de la zona en la que se realice el proyecto.</li> <li>• Usa elementos prefabricados producidos a escala industrial. Esta condición permite realizar obras de grandes volúmenes a relativo bajo costo.</li> <li>• Ofrece gran rapidez constructiva con ahorros sustanciales en tiempos de ejecución de la estructura básica del sistema, comparada con sistemas tradicionales.</li> <li>• Se pueden lograr ahorros en costos, ya que reduce los costos tradicionales de encofrados, estructuras independientes de concreto u otras, maquinarias especiales para elevación, colocación y mano de obra especializada.</li> <li>• Es un sistema limpio, que reduce los desperdicios y generación de escombros en obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta bajo aislamiento térmico y acústico.</li> <li>• Problemas de aceptación cultural por el poco espesor de los paneles y por tener las instalaciones eléctricas e hidráulicas expuestas.</li> <li>• Posibilidad de rotura de los módulos de concreto.</li> </ul>

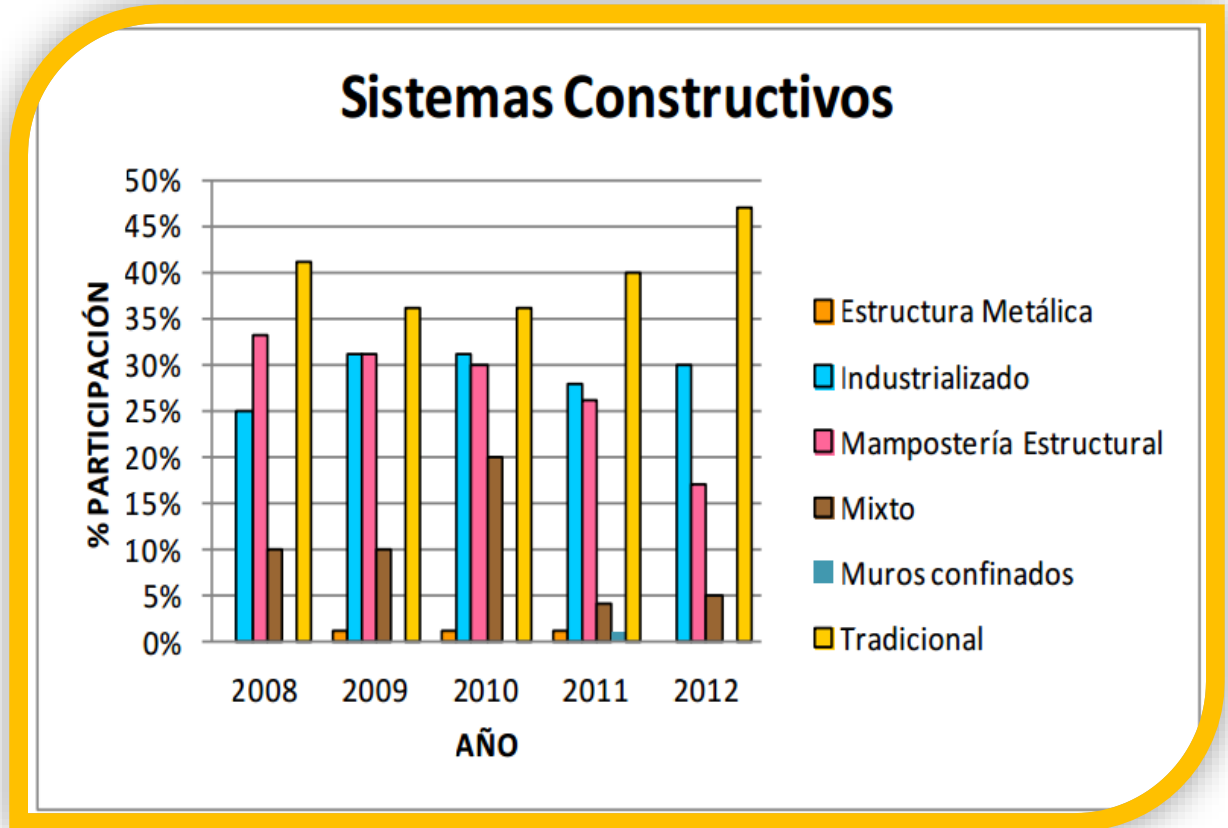
**Fuente:** Universidad de los Andes. *Vivienda de Interés social: Inventario de sistemas constructivos. Alcaldía Mayor de Santa Fé Bogotá. 2000.*

Según información de Coordinada Urbana, “del total de sistemas constructivos que se utilizaron dentro de los proyectos vendidos entre el 2008 y el 2012, el sistema tradicional es el que mayor participación presenta, mientras que el industrializado ha mantenido su participación y la mampostería estructural (que una década atrás era el sistema líder, ha ido en descenso).<sup>43</sup>

<sup>43</sup> Extraído de: Estudios Económicos Camacol. Informe Económico Nro. 44. Evolución de las normas técnicas y la inclusión de nuevos sistemas constructivos. Diciembre de 2012. ISSN 2011-7442.

**Gráfico 3-9:** Participación de los diferentes sistemas constructivos en el mercado

Fuente: Coordinada Urbana

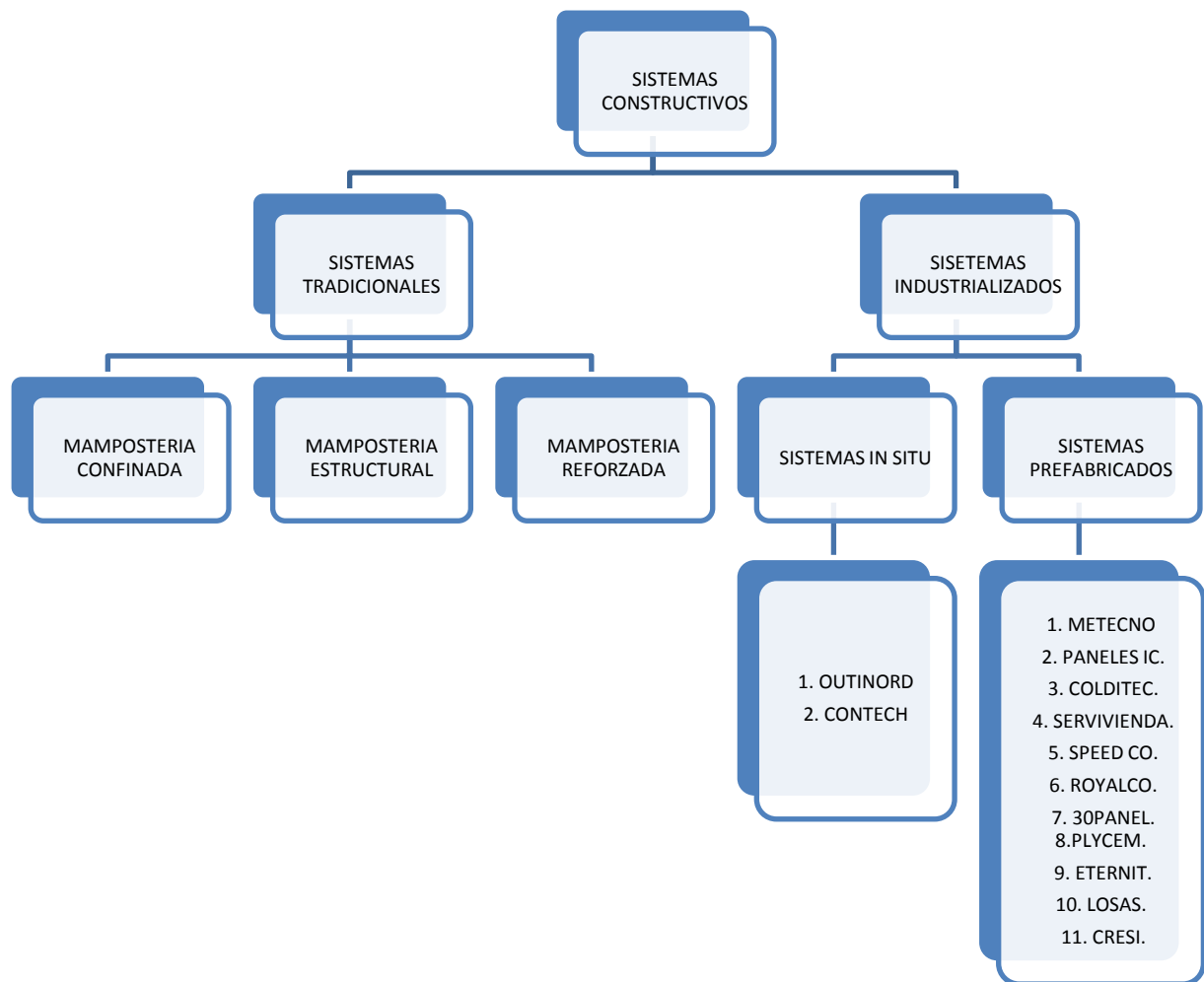


**Fuente:** Estudios Económicos Camacol. Informe Económico N°44. Evolución de las normas técnicas y la inclusión de nuevos sistemas constructivos. Diciembre de 2012. ISSN 2011-7442

En Colombia existe la norma NRS-10 sobre construcciones sismo resistentes y la cual es aprobada por los ministerios de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, de Transporte y del Interior.

En la figura 4-5 Sistemas Constructivos Basado en la NRS-10, se puede observar los tipos de sistemas constructivos avalados en Colombia.



**Figura 3-10:** Sistemas constructivos NSR-10

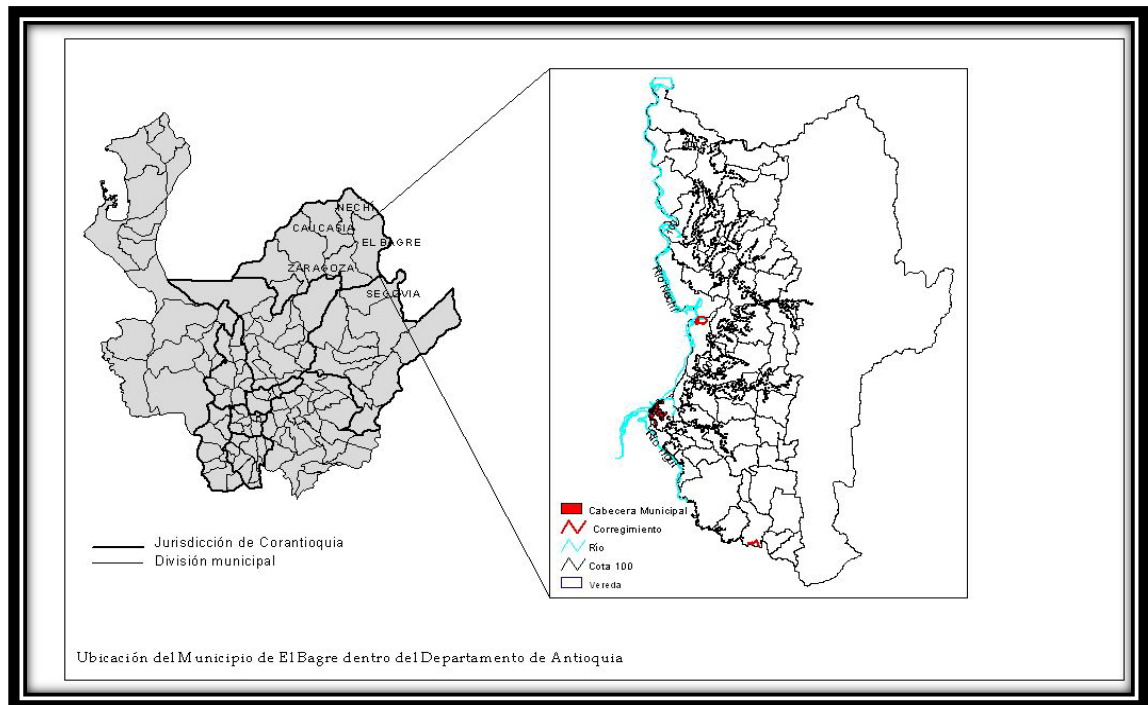
**Fuente:** Estudios Económicos Camacol. Informe Económico N°44. Evolución de las normas técnicas y la inclusión de nuevos sistemas constructivos. Diciembre de 2012. ISSN 2011-7442

Dentro de estos sistemas prefabricados se encuentra el sistema CRESI, el cual, cumple con las exigencias legales y técnicas exigidas para Colombia y es un

sistemas industrializado que busca dar respuesta al déficit habitacional, desde lo económico y rápido al momento de construir proyectos masivos de viviendas.

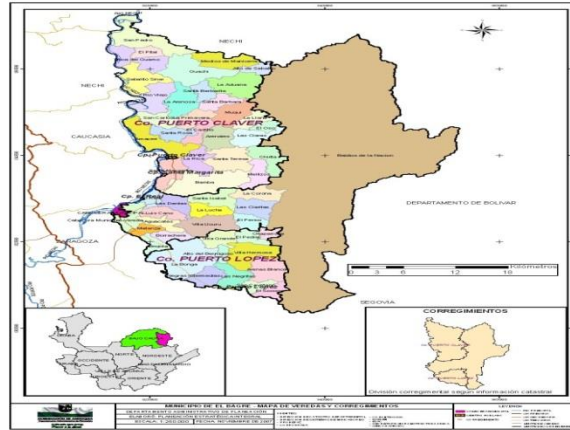
#### 4. CAPÍTULO 4: MUNICIPIO EL BAGRE UN RECORRIDO HISTÓRICO

**Mapa 4-1:** Localización del Municipio de El Bagre



**Fuente:** contrato de consultoría N° 5870. Ejecución de los estudios de diseño del plan maestro de acueducto y alcantarillado para la zona urbana del Municipio de el Bagre y los corregimientos de Puerto López y Puerto Claver (Antioquia).

Limita por el norte con el municipio de Nechí, por el noroeste con Caucasia, por el suroeste con Zaragoza, por el sureste con Segovia, al este con la serranía de San Lucas y el Departamento de Bolívar.

**Mapa 4-2:** Localización del Corregimiento de Puerto Claver

**Fuente:** contrato de consultoría N° 5870. Ejecución de los estudios de diseño del plan maestro de acueducto y alcantarillado para la zona urbana del Municipio de el Bagre y los corregimientos de Puerto López y Puerto Claver (Antioquia).

**Figura 4-1:** Urbanización Puerto Claver

**Fuente:** contrato de consultoría N° 5870. Ejecución de los estudios de diseño del plan maestro de acueducto y alcantarillado para la zona urbana del Municipio de el Bagre y los corregimientos de Puerto López y Puerto Claver (Antioquia).

El capítulo en primer lugar realiza una contextualización histórica del municipio El Bagre Antioquia, explica cómo surgió su primer caserío y como adquirió una figura

jurídica. Más adelante comenta por qué se convirtió el epicentro para para la construcción de viviendas modulares

El Bagre Antioquia surgió como caserío hacia el año de 1875, cuando se formaron 8 casas para albergar a los esclavos que venían de la región de Guamoco. Muchos años más tarde en 1938 se inició la invasión de tierras pertenecientes a la compañía minera Pato Consolidate Gol Dreading Ltda. (Mineros de Antioquia y hoy Mineros S.A.), de ahí el notorio desorden que presentan en la organización urbanística, ya que los invasores construían sus casas en la noche y muchas eran derribadas en el día por los vigilantes de la compañía.

Estas invasiones surtieron efectos en pocos meses creció ostensiblemente el número de viviendas o chozas hechas con techo de bijao, de ahí el nombre que lleva el centro o zona comercial de la población. Hacia el año 1939 fue elegido corregimiento de Zaragoza por ordenanza 39.

En la década de los 70 y debido al precio del oro en el mercado internacional se presentó una gran invasión de personas en busca del precioso metal especialmente del departamento del Choco, Bolívar, Sucre, Córdoba y Cauca. Esto produjo un aumento exagerado en la población, fenómeno que provoco la invasión de terrenos surgiendo numerosos barrios como las Delicias, la Esmeralda, San José, la Victoria, la Vega, Portugal, los Ángeles, el Progreso, el 20 de Julio, el Porvenir, Villa del Socorro, Nueva Granada, produciendo un fenómeno social en lo referente en la prestación de servicios públicos de agua, luz eléctrica, alcantarillado y educación.

El comercio creció exageradamente y abundaron los centros de diversión nocturna como bares, discotecas y prostíbulos donde los mineros gastaban rápidamente su dinero.

“La creación del municipio de El Bagre se remonta entonces a la figura jurídica nacida en la reforma constitucional del plebiscito de 1958, según la cual el legislador primario reconoce la existencia de dos partidos políticos en Colombia, (Frente Nacional). En las condiciones previas a esta se trataba de complacer a los feudos políticos en las veredas y corregimientos con algún valor electoral y económico.

Así pues, los líderes de El Bagre, ante la negativa de los concejales de Zaragoza de acceder a la presidencia del concejo municipal, decidieron organizar una junta que genera en una ordenanza que llevó a crecer el municipio. El municipio de El Bagre es creado legalmente mediante la Ordenanza No. 22 de octubre 30 de 1979, que dice así:

“Por la cual se crea el Municipio de El Bagre”. La Asamblea Departamental de Antioquia, en uso de sus atribuciones constitucionales y legales, especialmente las conferidas por los Artículos 187 de la Constitución Nacional y 3º, de la Ley 14 de 1969. Ordena: **Artículo 1º**. Créase el Municipio de El Bagre, el cual se segrega del municipio de Zaragoza. Y más adelante dice: **Artículo 7º**. Esta ordenanza rige a partir del 1º de enero de 1980. Posteriormente con la Ordenanza No. 1 de octubre 14 de 1981, se fijan los nuevos límites municipales, luego de pasar un área al municipio de Nechí, quedando con una extensión territorial de 1563 Km<sup>2</sup><sup>44</sup>.

El municipio del Bagre, presenta similitud étnica y cultura a los municipios de Nechí y Tarazá, también pertenecientes al bajo Cauca antioqueño.

“Estas poblaciones están constituidas en un 45,4 % por personas nacidas en la zona y poseen un alto porcentaje de inmigrantes (50,9 %), la mayoría de los

---

<sup>44</sup> Extraído de: [http://www.elbagre-antioquia.gov.co/informacion\\_general.shtml#historia](http://www.elbagre-antioquia.gov.co/informacion_general.shtml#historia). Sitio oficial de El Bagre en Antioquia, Colombia. Alcaldía de El Bagre – Antioquia. Fecha de última actualización: 03 de Julio de 2014.

cuales se identifican más con las costumbres de los habitantes de la Región Caribe que con los de la Región Andina del país. El porcentaje de otras etnias es minoritario, ya que los indígenas representan un 2,6 % y los afrodescendientes un 5,4 % del total de la población. Los inmigrantes corresponden a poblaciones altamente itinerantes, poco comprometidas con el lugar donde residen.

Las semejanzas en costumbres provienen de la condición de ser municipios ribereños de grandes afluentes y limítrofes con departamentos de la Región Caribe o Atlántica, con los cuales se intercambian en mayor medida bienes y aspectos culturales, dado que la cercanía con estos y las condiciones topográficas hacen más fácil y frecuente el desplazamiento hacia esas comarcas que al propio departamento a que pertenecen”<sup>45</sup>.

El municipio de El Bagre, se encuentra ubicado en la subregión del Bajo Cauca Antioqueño, posee una extensión de 1563 km<sup>2</sup>, enmarcada aproximadamente en las siguientes coordenadas: 8°, 00', 08" de latitud Norte y 74°, 49', 40", de longitud Oeste, y 7°, 23', 10" de latitud Norte y 74°, 29', 00", de longitud Oeste.<sup>46</sup>

---

<sup>45</sup> MACHADO, Maria C. "Hábitos alimentarios y educación consideraciones acerca de los hábitos alimentarios en familias del Bajo Cauca antioqueño. Bagre, Nechí y Tarazá.

<sup>46</sup> [http://www.elbagre-antioquia.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.elbagre-antioquia.gov.co/informacion_general.shtml)

**Figura 4-2:** Rio Nechi corregimiento Puerto Claver



**Fuente:** contrato de consultoría N° 5870. Ejecución de los estudios de diseño del plan maestro de acueducto y alcantarillado para la zona urbana del Municipio de el Bagre y los corregimientos de Puerto López y Puerto Claver (Antioquia).

El corregimiento de Puerto Claver tiene como actividad económica la minería y por este motivo que es uno de los corregimientos con mayor influencia de grupos al margen de la Ley, aspecto que afecta de alguna manera el desarrollo de su población.

En cuanto a la proyección de tasa de crecimiento de la población se estima a partir del promedio nacional, según el informe ejecutivo de los estudios y diseños del plan maestro de acueducto y alcantarillado para la zona urbana del municipio de El Bagre y los corregimientos de Puerto López y Puerto Claver del 2,00%, se anexa la tabla extraída de dicho informe ejecutivo y enumerada allí como tabla 4-1



**Tabla 4-1:** Proyección estimada de la población para el centro poblado del Corregimiento de Puerto Claver en el Municipio de El Bagre para el presente Estudio.

<b>Año</b>	<b>Población Cabecera</b>	<b>Población Total</b>
2004	3,368	3,368
2005	3,437	3,437
2006	3,506	3,506
2007	3,577	3,577
2008	3,649	3,649
2009	3,723	3,723
2010	3,798	3,798
2011	3,875	3,875
2012	3,953	3,953
2013	4,033	4,033
2014	4,114	4,114
2015	4,197	4,197
2016	4,282	4,282
2017	4,369	4,369
2018	4,457	4,457
2019	4,547	4,547
2020	4,639	4,639
2021	4,732	4,732
2022	4,828	4,828

**Fuente:** contrato de consultoría N° 5870. Ejecución de los estudios de diseño del plan maestro de acueducto y alcantarillado para la zona urbana del Municipio de el Bagre y los corregimientos de Puerto López y Puerto Claver (Antioquia).

Según esta información se puede indicar por lo tanto un aumento de 700 habitantes aproximadamente, lo que obliga a una planeación adecuada del

crecimiento y al mencionar crecimiento poblacional indudablemente se debe hablar de hábitat.

## 5. CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA

En este capítulo para el alcancen de los objetivos de esta investigación se abordará un enfoque experimental que permita mediante la recopilación de información obtenida desde el laboratorio desarrollado en tres fases iniciales realizar un análisis cuantitativo a profundidad, en las dos últimas fases se complementará el alcance del objetivo a través de una interpretación cualitativa basada en datos cuantitativos obtenidos del desarrollo de presupuestos y aplicación de encuestas.

**Fase I-** Configurar los lineamientos técnicos en el empleo de aditivos inclusores de aire y refuerzo con fibra de vidrio, que permitan mantener las características físicas, como peso y resistencia, después de aumentar el espesor de los paneles prefabricados de concreto del sistema Cresi de 3,5 a 6,5 cm.

**Actividad 1-** Realizar un diseño de mezcla determinando el tipo de agregado, la fibra de vidrio resistente al álcali, y el porcentaje de aditivo inclusor de aire buscando mantener las características físicas de peso y resistencia después de aumentar el espesor del panel de 3,5 a 6,5 cm.

**Actividad 2-** Realizar pruebas de resistencia y de compresión por medio de cilindro moldeados según la norma colombiana NTC 673, a través de la maquina compresora de bloque para cilindro.

**Fase II-** Establecer, por evidencia experimental y de análisis el valor del coeficiente básico de disipación de energía para los muros prefabricados diseñados permitiendo que siga cumpliendo con la NSR - 10.

**Actividad 3-** Realizar ensayos a flexión que permitan hallar el valor del coeficiente de disipación de energía, utilizando el deformímetro y una celda de cargas, los resultados serán comparados con panel actual del sistema Cresi y evaluando el nuevo panel según los parámetros de la NSR-10.

**Fase III** - Comparar el factor económico en relación con el aumento del espesor de los muros a 6,5 cm del sistema Cresi, considerando si afecta esta la viabilidad económica del sistema en proyectos masivos de vivienda.

**Actividad 4-** Realizar un comparativo de la variables económicas partiendo de los presupuestos del panel de 3,5 cm y del nuevo de 6,5 cm, verificando la afectación económica del sistema Cresi y determinar si después de su aumento de espesor sigue siendo viable.

**Fase IV** - Analizar la percepción de seguridad y calidad de los usuarios del sistema prefabricado Cresi, en relación con el aumento del espesor de los paneles prefabricados diseñados.

**Actividad 5-** Se aplicarán dos encuestas a los usuarios del Sistema Prefabricado Cresi, la primera se aplica para obtener el porcentaje actual de la percepción que tienen usuarios del sistema realizado en base a los paneles de 3,5 cm y la segunda se aplica con el fin de evaluar si aumenta el porcentaje de la percepción de aceptación de los usuarios después de incrementar el espesor de los paneles a 6,5 cm.

## **6. CAPÍTULO 6: PROPUESTA APLICACIÓN EXPERIMENTAL**

### **6.1 Configuración de los lineamientos técnicos en el empleo de aditivos inclusores de aire y refuerzo con fibra de vidrio**

Para validar los diferentes aspectos técnicos y metodológicos de este trabajo se realizará el montaje de un modelo de vivienda a escala 1.1, en el sistema Cresi, en la planta de prefabricados panorama ubicada en el Kilómetro ocho de la Medellín Bogotá jurisdicción de Copacabana, con el fin de comprobar a través de este proceso constructivo el mejoramientos de este sistema al incluir fibra de vidrio e inclusores de aire, buscando aumentar el espesor de la mampostería del sistema que actualmente es de 3,5 a 6,5 cm y que siga cumpliendo con lo exigido por la NRS-10 de sismo resistencia, durante este mismo ensayo se evaluará el coeficiente de energía de disipación.

Luego de realizar los ensayos y tener claridad en la cantidad de materiales utilizados en el insumo para la elaboración de los paneles del sistema Cresi, se comprará la inversión unitaria utilizada en la actualidad al aumentar el espesor, con el presupuesto del espesor anterior de 3,5 mm, con el fin de verificar si este sigue siendo viable económicamente para ser utilizado en proyectos masivos de vivienda.

En la actualidad el sistema Cresi se está utilizando en el proyecto de urbanización San Pedro Claver ubicado en El Bagre, el cual está dirigido a población damnificada del fenómeno de la niña 2010-2011, por lo que se aprovechará este espacio del desarrollo de este proyecto para implementar en esta zona una

encuesta de aceptación de este sistema en cuanto a la percepción que tienen las familias en relación a la calidad y seguridad que ofrece el mismo a sus viviendas.

La urbanización San Pedro Claver se concibió luego que en el año 2011 las viviendas que se encontraban en las riveras del Río Nechí quedaron afectadas dejando más de 200 familias damnificadas, esta situación se presentó en diferentes lugares del país lo que llevo que el gobierno nacional legislara decretos en atención al fenómeno denominado fenómeno de la niña 2010 – 2011 a la vez el ministerio de vivienda, Fonvivienda realizaron una convocatoria a nivel nacional a constructoras que contaran con sistemas alternativos de construcción, durante el proceso de evaluación realizado por Findeter determino que no habían los suficientes sistemas alternativos ni la capacidad de atender con agilidad dicha situación en Colombia cinco sistemas

#### **6.1.1 Descripción de los materiales constitutivos**

Todos los elementos utilizados para el desarrollo de este proyecto de investigación fueron contruidos, fabricados y diseñados bajo rigurosos procesos de control de calidad por la empresa FABRICASAS S.A., el ensamble de los muros a escala real se realizó bajo la supervisión y acompañamiento de los técnicos de la empresa.

#### **6.1.2 Materiales constitutivos del sistema e vivienda**

Los elementos que constituyen el sistema de construcción de muros en mampostería en seco postensada (MSP) son: Concreto reforzado con fibras y barras de refuerzo de 1/8 de pulgada, Omegas de anclaje, mortero de sellado,

pines conectores de cortante y barras con sus respectivos accesorios de tensado.

### **6.1.3 Propiedades mecánicas de los materiales constitutivos**

Las propiedades mecánicas de cada uno de los materiales constitutivos del sistema en mampostería en seco postensada MSP se realizaron bajo cada uno de los parámetros y procedimientos incluidos dentro de cada una de las respectivas normas ASTM y que se citan en cada ensayo.

### **6.1.4 Del concreto**

Para la construcción de los módulos de concreto reforzado que componen los MSP se utilizó un concreto con una resistencia a la compresión de 15 MPa, a los 28 días. Este concreto es elaborado en la planta de la empresa siguiendo los estándares de calidad implementado para la prefabricación de los módulos.

### **6.1.5 De la fibra**

El concreto con el cual se elaboraron las plaquetas fue reforzado con fibra de vidrio resistente al álcali Anti-Crak HP, la cual es fabricada por la empresa OCV Reinforments, estas fibras entre otras funciones evitan la fisuración por fraguado o por temperatura y aumentan la resistencia final del concreto, la

dosificación usada para la fabricación de los módulos fue de 4 kilogramos de fibra por cada metro cúbico de concreto.

#### 6.1.6 Del acero de refuerzo

Cada módulo de concreto es reforzado en ambos extremos inferior y superior con una barra de acero grafilada con un diámetro de 4 mm y un  $f_y$  de 420 MPa.

#### 6.1.7 Del mortero de pega

En cada una de las juntas se aplicó un mortero de pega (Figura 2-1) el cual contribuye a una mejor adherencia entre los módulos y permite dejar un acabado más prolijo.

**Figura 5-1:** Mortero de pega y pines



**Fuente:** foto propia tomada en el laboratorio durante el ensayo



### 6.1.8 De los pines de conexión

El sistema de MSP permite el ensamblaje de los panales por medio de pines conectores que se encuentran ubicados en ambos extremos de cada módulo y en los puntos medios según el aparejo del muro (Figura 2-3), estos pines son fabricados a partir de barras de acero tropicalizado con un diámetro de 1/4 de pulgada.

**Figura 5-2:** Planta de transformación corregimiento de San Pedro Claver



***Fuente:** foto propia tomada durante una de las visitas a Puerto Claver, lugar donde se está desarrollando la obra*

### 6.1.9 De las barras tensoras

Para el postensionado del sistema se utilizan barras de acero lisas con un esfuerzo de fluencia de 380 MPa, estas barras son roscadas en ambos extremos

para permitir la fijación de las tuercas que permiten el anclaje de estas a la cimentación y al muro.

#### 6.1.10 De las platinas de anclaje

Las platinas de anclaje u Omegas permiten fijar las barras tensoras a la cimentación estas omegas están fabricadas con acero tropicalizado grado 40 (Esfuerzo de fluencia de 280 MPa)

**Figura 5-3:** Sistema de anclaje de barra tensora



**Fuente:** foto propia tomada en el laboratorio durante el ensayo

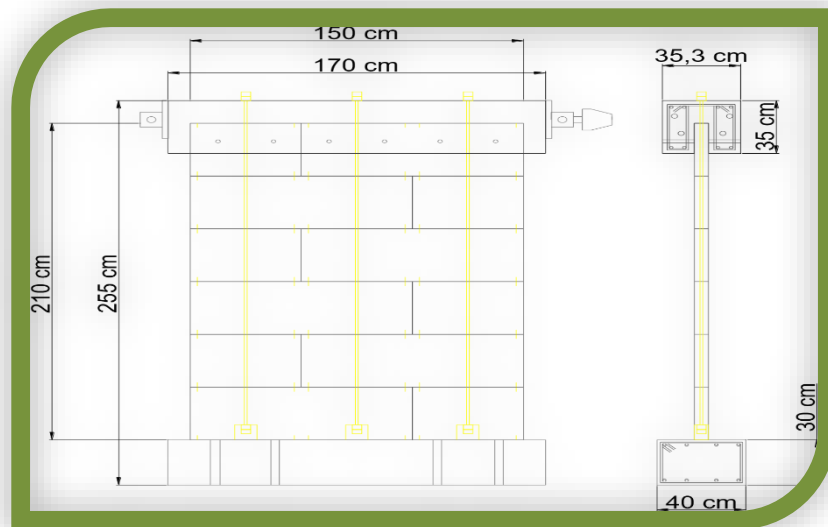
### **6.1.11 Descripción de los muros en mampostería en seco postensada**

Los muros de mampostería en seco postensada ensayados en el laboratorio tenían un espesor de 0,067 m, una longitud de 1,5 m y una altura de 2,1 m, este muro fue conformado por dos tipos de módulos, la diferencia era su longitud siendo estas de 1 m y 0,5 m. (Ver figura 5-4)

Para la construcción se fijaron las omegas y los pines a la viga de fundación, se dispuso la primer hilada de módulos, luego se ubicaron los pines y el mortero de pega y se colocó la segunda hilada, se siguió este procedimiento hasta llegar a la altura de diseño; el ensamble es finalizado con la ubicación de las barras tensoras y la aplicación del preesfuerzo.

Dada la versatilidad del sistema, se optó para la fundación una viga de cimentación la cual sirvió como soporte para los ensayos de carga estática, cíclica y axial. Adicionalmente, con el fin de lograr una óptima transferencia de carga en los ensayos de carga estática y carga cíclica y al mismo tiempo simular una carga de cubierta se construyó una viga aérea la cual sujetaba el muro y a la vez se conectaba al actuador hidráulico.

Ambas vigas fueron construidas en concreto reforzado el cual tenía una resistencia a la compresión de 28 MPa a los 28 días. Se utilizó para el refuerzo barras de 5/8 de pulgada como refuerzo transversal y barras de 3/8 de pulgada como refuerzo longitudinal. Las dimensiones de ambas vigas pueden hacerse visibles.

**Figura 5-4:** Detalle de los muros de MSP

**Fuente:** esquema propio realizado durante el ensayo

**Figura 5-5:** Muros típico MSP

**Fuente:** foto tomada en el laboratorio durante el ensayo; suministrada por Fabricasas

### 6.1.12 Equipos de laboratorio

A continuación, se hace una descripción de los equipos utilizados para los diferentes ensayos realizados sobre cada uno de los muros de mampostería en seco postensada MSP. Todos los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, ubicado en el Campus de la Nubia. El Laboratorio de Estructuras consiste de un piso de reacción y cuatro pórticos de acero fijados a este piso. Las cargas son aplicadas a cada uno de los muros a escala real por medio de cuatro actuadores; dos de 500 kN y dos 250 kN de capacidad.

Habitualmente, las cargas son aplicadas de acuerdo con los procedimientos descritos en las Normas ASTM o según el tipo de ensayo deseado sobre el espécimen. Los desplazamientos y las cargas registradas sobre cada muro son almacenadas automáticamente a través de un software en el computador y posteriormente procesados.

**Figura 5-6:** Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales



**Fuente:** foto documental suministrada por Fabricasas



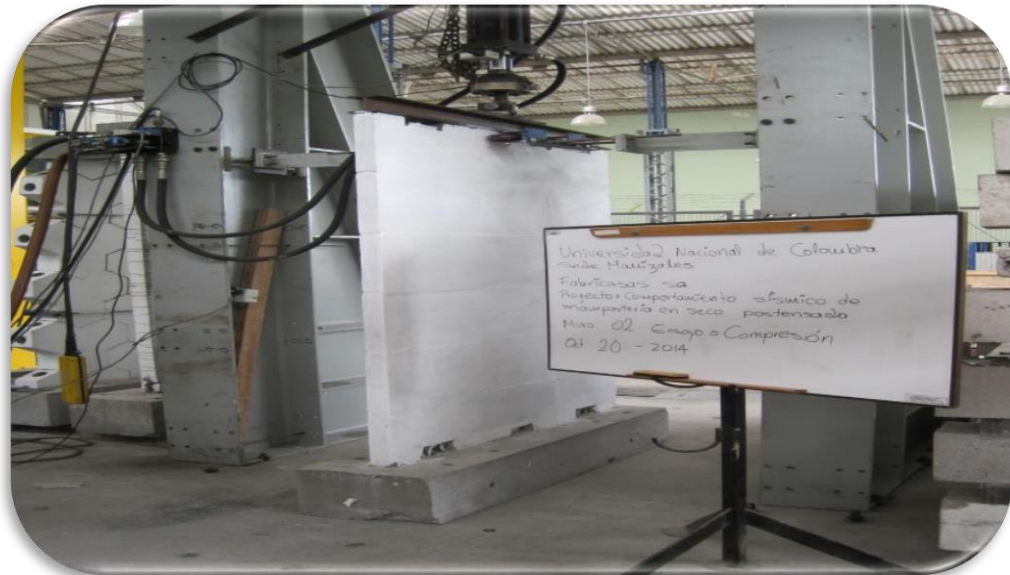
## 6.2 Establecer, por evidencia experimental y de análisis el valor del coeficiente básico de disipación de energía para los muros prefabricados

### 6.2.1 Ensayos de las diferentes carga

#### Ensayo de la carga axial

**Descripción del ensayo.** Para determinar la resistencia de los MSP a cargas verticales generada por losas de entrepisos y/o cubiertas, se realizaron tres ensayos de carga axial de acuerdo con los procedimientos especificados por la Norma ASTM E72. En la Figura 5-7 se muestra el montaje para el ensayo de carga axial.

**Figura 5-7:** Ensayo de carga axial sobre muros de MSP



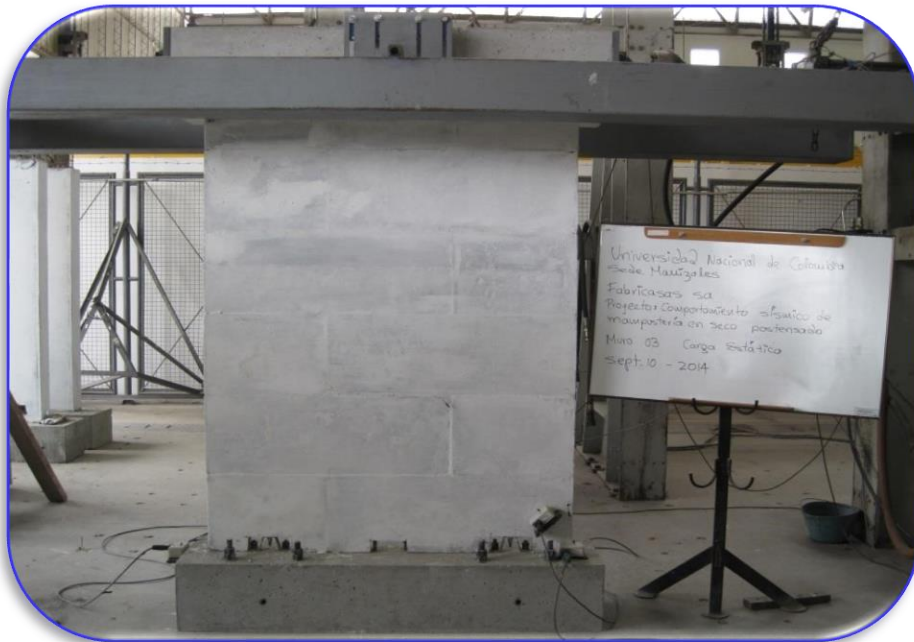
**Fuente:** foto tomada en el laboratorio durante el ensayo suministrada por Fabricasas

## Ensayo de carga estática

**Descripción del ensayo.** Para determinar la resistencia de los muros de mampostería en seco postensada a carga lateral paralela a su propio plano, se realizaron ensayos de carga estática de acuerdo con las especificaciones contenidas en la Norma ASTM E575-10, sobre tres muros de mampostería en seco postensada. En la Figura 5-8 se muestra el montaje para el ensayo de carga estática.

A partir de estas pruebas se obtienen parámetros útiles para el sistema de vivienda y para la realización de los posteriores ensayos de carga cíclica; desplazamientos y cargas máximas resistidas por los muros MSP.

**Figura 5-8:** Ensayo de carga estática sobre muros de mampostería en seco postensada



**Fuente:** foto tomada en el laboratorio durante el ensayo suministrada por Fabricasas

## 6.2.2 Resultado de los ensayos

### Resultado del ensayo de carga estática

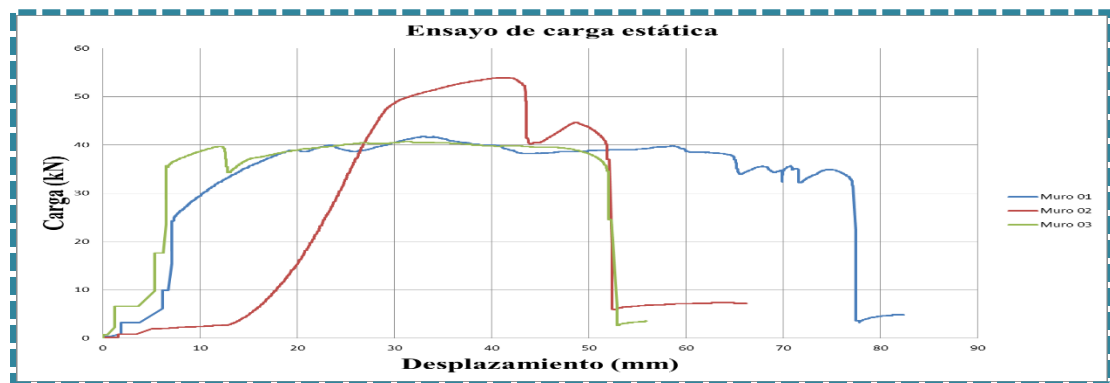
**Resistencia a carga estática** En la tabla, se presentan algunos parámetros estructurales para los muros de mampostería en seco postensada obtenidos de los ensayos de carga estática para cada uno de los muros. De acuerdo con la ASTM E564, la resistencia a cortante máxima es determinada como la relación entre la carga máxima y el ancho de espécimen.

**Tabla 5-1:** Parámetros estructurales obtenidos del ensayo de carga estática.

Muro	Carga lateral máxima	Desplazamiento máximo	Resistencia a cortante máxima		Carga de falla	Desplazamiento último
			kN/mm	t/m		
M1E	41.7	34	0.03	2.78	34.9	74.8
M2E	53.9	40.5	0.04	3.59	44.6	48.4
M3E	40.7	30.9	0.03	2.71	34.1	52

En la Figura 5-9 se presentan las curvas carga-desplazamiento lateral para cada uno de los muros de mampostería en seco postensada probados bajo carga estática.

**Figura 5-9:** Curvas de carga–desplazamiento lateral bajo carga estática





**Daños observados bajo carga estática.** En la Figura 5-9 se observan las fallas presentadas en los muros de mampostería en seco postensada. Se observan grietas a lo largo de las juntas de los módulos de la zona inferior la cual va subiendo hacia el punto de aplicación de la carga, en la zona inferior contraria al lado de aplicación de la carga se presenta falla por aplastamiento del módulo en concreto reforzado, en la zona de anclaje se presenta deformación de las omegas por tensión y aplastamiento según el caso, como falla última se presenta la falla de la barra tensora sometida a tracción.

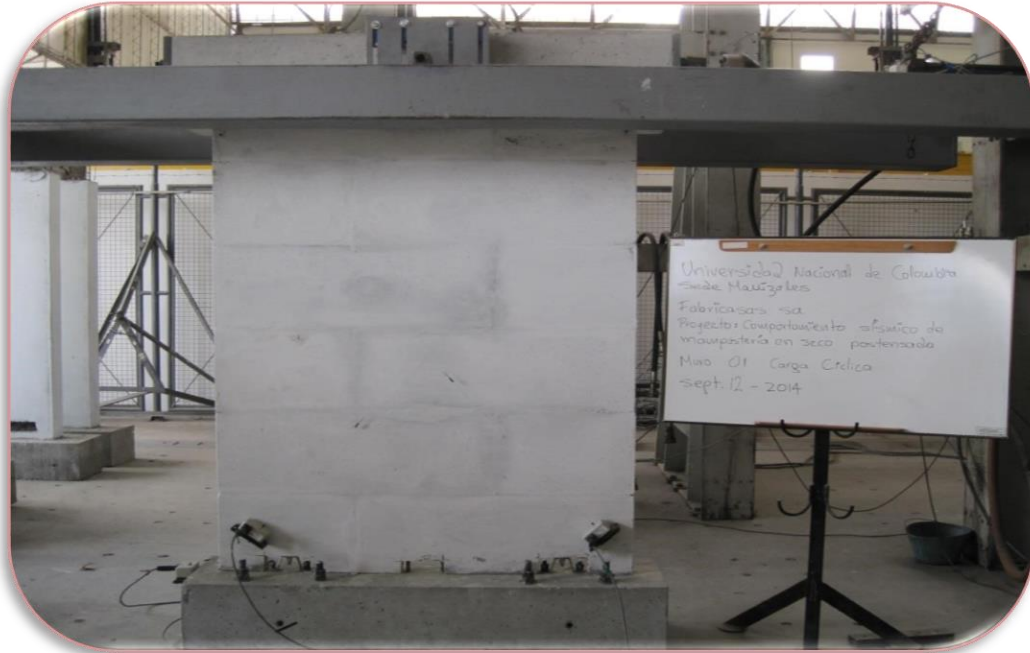
### **Ensayo de la carga cíclica**

**Descripción del ensayo.** Una vez determinada la resistencia y el comportamiento de los MSP a carga axial y estática, se procedió a realizar los ensayos de carga cíclica.

Los ensayos de carga cíclica se realizaron de acuerdo con los procedimientos especificados por la Norma ASTM E2126. Para llevar a cabo la prueba de carga cíclica se siguió el procedimiento de carga B propuestos por la Norma ASTM E2126. La Figura 5-10 muestra el procedimiento de carga cíclica a la que fueron sometidos los muros MSP.

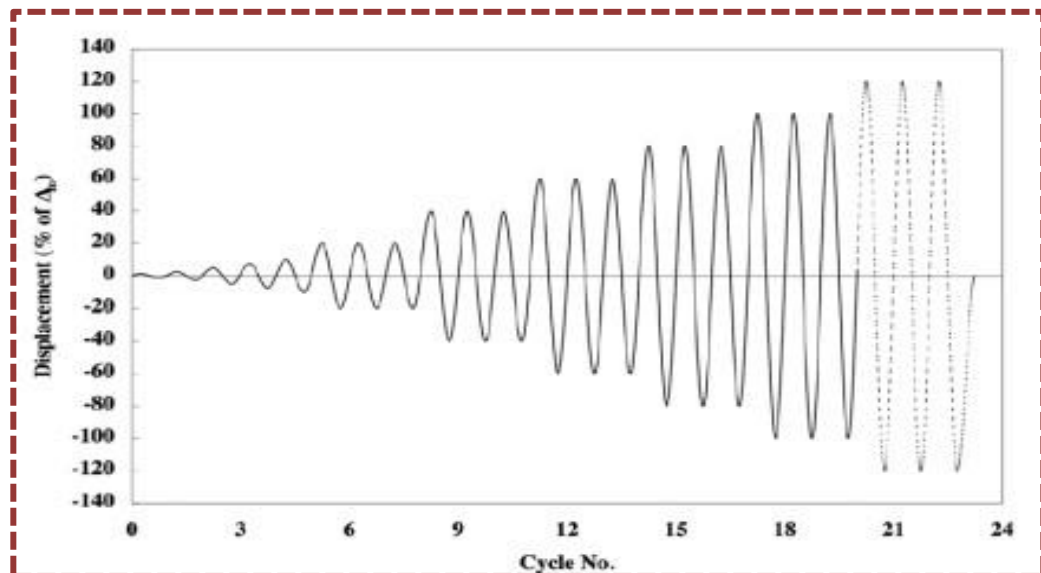
**Descripción e instrumentación de los muros.** Después de realizar los ensayos de carga estática se procedió a realizar los ensayos de carga cíclica. Se probaron tres muros de mampostería en seco postensada. Los desplazamientos laterales de los muros fueron registrados a través de LVDTs incorporados en los actuadores. En la Figura 6-9 se muestra el montaje.

**Figura 5-10:** Montaje para el ensayo de carga cíclica sobre muros de mampostería en seco postensada



**Fuente:** foto tomada en el laboratorio durante el ensayo suministrada por Fabricasas

**Figura 5-11:** Procedimiento de carga cíclica aplicado a los muros MSP



## Resultado del ensayo de la carga cíclica

**Resistencia a carga cíclica.** En la Figura 5-11 se presentan los lazos de histéresis para cada uno de los muros bajo el procedimiento de carga aplicado.

Con base en estos resultados, se obtendrán parámetros estructurales como la rigidez a cortante, la carga máxima, desplazamiento estado límite de falla, área bajo la envolvente, resistencia a cortante, módulo secante de corte, carga de cedencia, desplazamiento de cedencia, ductilidad, energía acumulado, amortiguamiento viscoso equivalente y capacidad de disipación de energía, siguiendo los procedimientos con ASTM E-21-26.

**Figura 5-12:** Modos de falla en muros de mampostería en seco postensada bajo carga estática.

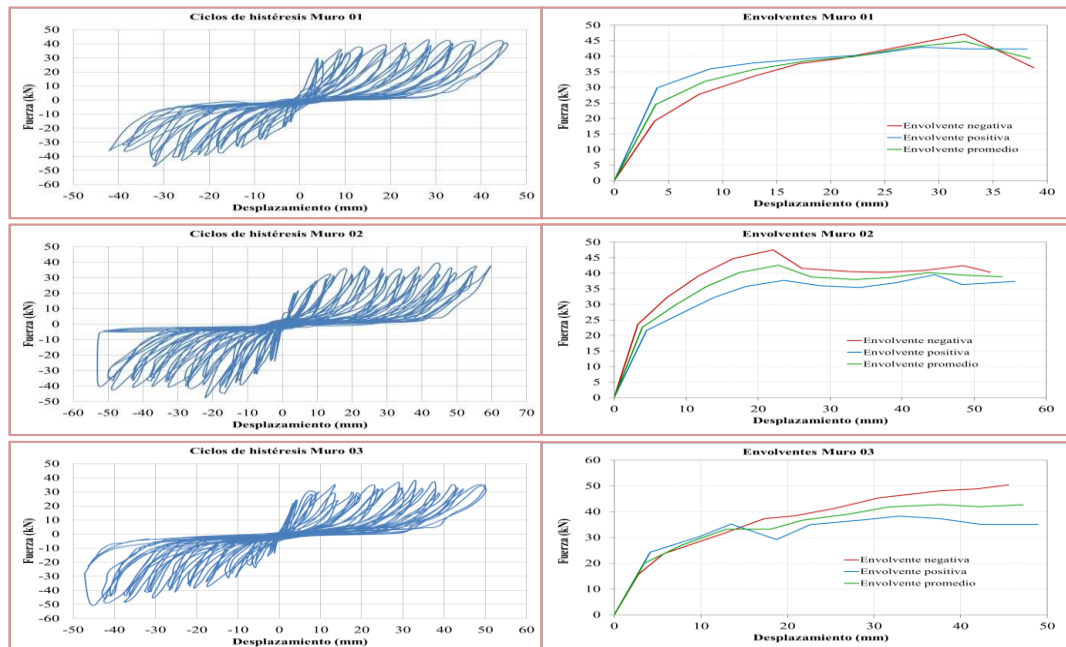


**Fuente:** Foto tomada en el laboratorio durante el ensayo suministrada por Fabricasas

**Comportamiento bajo el procedimiento de carga cíclica.** El ensayo de carga cíclica permitió identificar sobre cada uno los muros de mampostería en seco postensada, diferentes parámetros estructurales: desplazamiento y carga máxima, rigidez, ductilidad, capacidad de disipación de energía, amortiguamiento entre otros. Con los registros de fuerza y desplazamiento lateral se procedió a construir gráficos de histéresis.

Al mismo tiempo se implementó un procedimiento para determinar las envolventes características del comportamiento hysterético exhibido por los muros bajo el método de carga seleccionado y así determinar los anteriores parámetros estructurales. Este procedimiento fue implementado siguiendo los parámetros de la Norma ASTM E2126-11. A continuación se realiza una descripción y el cálculo de los parámetros utilizando los resultados de uno de los ensayos (MSP 1C).

**Figura 5-13:** Lazos de histéresis para los diferentes tipos de muros

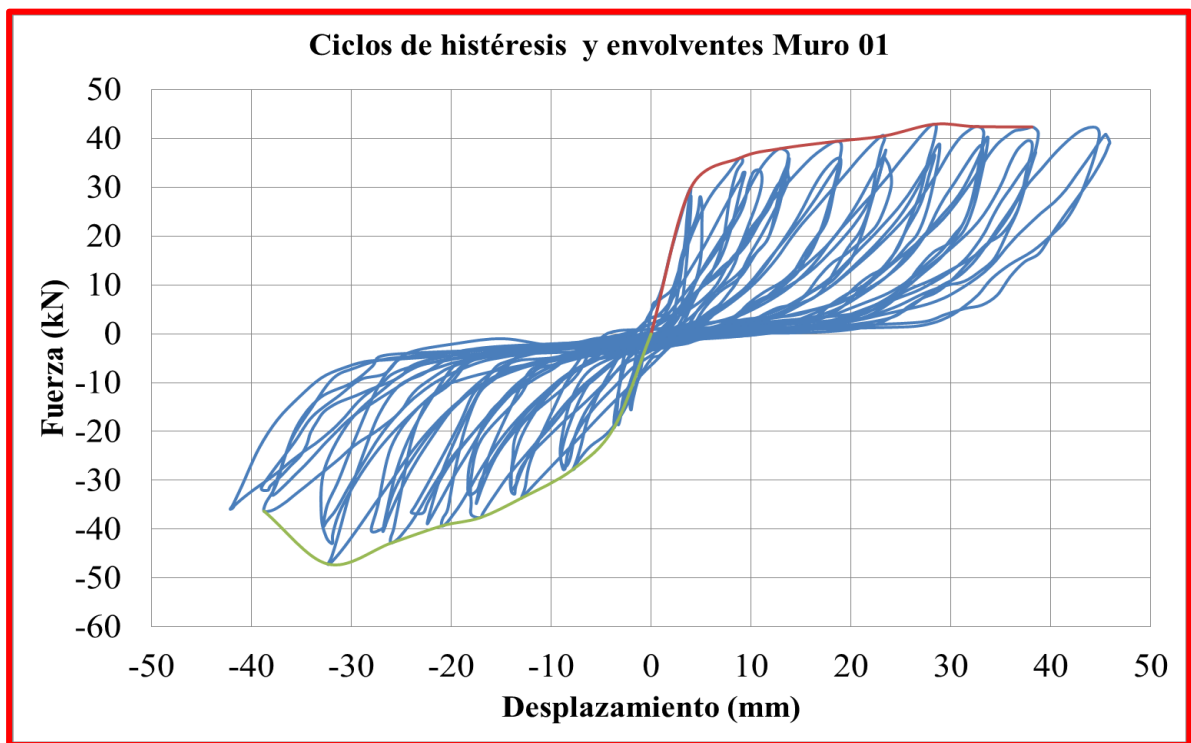


**Fuente:** Gráficos realizados en el laboratorio durante el ensayo suministrada por Fabricasas

En la Figura 5-13 se presentan los lazos de histéresis con su respectivas envolventes sobrepuestas obtenidos para el muro MSP 1C.

Para calcular varios de los parámetros estructurales, es necesario calcular la Curva de Energía Elasto-Plástica equivalente (curva EEEP); para ello se procede según la ASTM E2126-11, calculando los siguientes parámetros del sistema:

**Figura 5-14:** Curvas de histéresis y envolventes MSP 1C



**Fuente:** Gráficos realizados en el laboratorio durante el ensayo suministrada por Fabricasas

- La rigidez a cortante elástica ( $K_e$ ), la cual determina la resistencia a deformación de un espécimen en el rango elástico antes de que alcance un punto donde el sistema se comporte de una manera elasto-plástica o plástica.
- Máxima carga resistida por el espécimen durante los ensayos ( $P_{peak}$ ).

- Desplazamiento correspondiente al estado límite de falla en ensayos cíclicos ( $\Delta_u$ ).

Para calcular la curva EEEP, se usó un programa en MATLAB®, el cual calcula los parámetros enunciados anteriormente y adicionalmente grafica la envolvente de las curvas de histéresis. De la Figura 3-7 se observa que es razonable trabajar con el promedio de las envolventes, por lo que éste se adopta de aquí en adelante para efectos de cálculo.

Una vez se ha definido la envolvente, se procede a calcular la rigidez a cortante lineal ( $K_e$ ), la máxima carga resistida por el espécimen durante los ensayos ( $P_{peak}$ ) y el desplazamiento en el estado límite de falla ( $\Delta_u$ ). Los resultados son obtenidos haciendo uso del programa desarrollado en MATLAB®. En la Figura 3-9 se muestran la envolvente promedio para el muro MSP 1C y la curva EEEP.

**Capacidad de disipación de energía.** En la actualidad los diseños estructurales se basan en análisis de fragilidad, los cuales buscan que los elementos estructurales disipen la energía transmitida por fuerzas dinámicas externas por medio de histéresis, esto con el fin de incrementar el margen de seguridad de dichos elementos y evitar una falla súbita o estado de daño frágil del material.

Una forma de cuantificar la cantidad de energía que una estructura disipa cuando es sometida a cargas cíclicas o dinámicas es calculando el área encerrada por los ciclos de histéresis.

**Comparación de los métodos según cada Autor:** en la Tabla 5-2 se presenta el cálculo de  $R_\mu$  según la propuesta de los diferentes autores a partir de sus investigaciones, teniendo en cuenta la dependencia del periodo y la ductilidad obtenida para los muros de mampostería en seco postensada, MSP:

**Tabla 5-2:** Valores de  $R_\mu$  para el sistema MSP.

Investigación /autores	$R_\mu$
Newmark & Hall	1.826
Lai & Biggs	1.58
Elghadamsi & Mohraz	2.50
Ridell, Hidalgo & Cruz	5.174
Miranda	2.81
Takada et al.	3.86
<b>Promedio</b>	<b>2.96</b>

El valor obtenido por medio de cada una de las expresiones anteriores para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía ( $R_\mu$ ) es superior a 1,50, dando el promedio de los dos métodos por encima de 1,80. De acuerdo con lo expresado en A.3.1,7 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, para sistemas prefabricados y similares al estudiado acá, se tiene:

“Pueden construirse edificaciones cuyo sistema de resistencia sísmica esté compuesto por elementos prefabricados. El sistema prefabricado debe diseñarse para las fuerzas sísmicas obtenidas de acuerdo con este Reglamento usando un coeficiente de capacidad de disipación de energía básico, tal como lo define el Capítulo A.13 igual a uno y medio ( $R_0 = 1,5$ ). Cuando se demuestre con evidencia experimental y de análisis, que el sistema propuesto tiene una resistencia, capacidad de disipación de energía y capacidad de trabajo en el rango inelástico igual o mayor a las obtenidas con la estructura construida utilizando uno de los materiales prescritos por este Reglamento, deben cumplirse los requisitos de los Artículos 10 y 12 de la Ley 400 de 1997, pero en ningún caso el valor de  $R_0$  podrá ser mayor que el fijado por el presente Reglamento para sistemas de

resistencia sísmica contruidos monolíticamente con el mismo material estructural.”

Los valores obtenidos experimentalmente demuestran el cumplimiento de la normativa para el sistema estudiado (acá  $R_0=R_\mu$ ).

#### 3.4.5 Daños observados bajo carga cíclica

Se observa el modo de fallo característico de los muros de mampostería en seco postensada probados bajo carga cíclica. Se puede observar el aplastamiento en ambos extremos inferiores del muro, se presentó agrietamiento por encima de las patinas de anclaje causado por aplastamiento en dicha zona, también se puede notar el agrietamiento de las juntas entre los diferentes módulos, por último se presentó la falla de las barras tensoras así como la deformación de las patinas de anclaje.

### **6.3 comparativo del factor económico con el aumento del espesor de los muros**

En este punto se comparará el factor económico en relación con el aumento del espesor de los muros a 6,5 cm del sistema Cresi, considerando si esto afecta la viabilidad económica del sistema en proyectos masivos de vivienda.

Mediante simulaciones financieras se puede evaluar los proyectos inmobiliarios teniendo en cuenta varios ítems como: los costos directos de construcción de viviendas, costos directos de urbanismo, costos indirectos, valor del lote, honorarios de construcción, devolución de IVA, utilidad esperada y ventas proyectadas, este análisis arroja la factibilidad de proyectos inmobiliarios



### 6.3.1 Estudios de factibilidad de proyectos

Estudio mediante el cual se realiza un análisis de las condicionantes y variables técnicas, financieras y comerciales de los proyectos de inversión inmobiliaria; tiene por finalidad el determinar e identificar los factores de riesgo existentes en el escenario presente con base en la información más actualizada del mercado inmobiliario, la estructura de costos de inversión y las condicionantes de financiamiento de las entidades financieras.

El inventario es practicado teniendo en consideración la normatividad vigente aplicable

### 6.3.2 Contenido del esquema de factibilidad de proyectos

- **Costos directos de construcción:** Consiste en valor de los materiales mano de obra que se utilizaran en las viviendas teniendo en cuenta la administración imprevistos y utilidades – AIU

- **Ventas proyectadas:** en la mayoría de proyectos inmobiliarios se parte de un estudio de competencia, que consiste en el mercado inmobiliario que determina la zona, barrio o municipio, para los casos de vivienda de interés social solo se tiene en cuenta la reglamentación la cual es en salarios mínimos legales vigentes

Para las viviendas de interés social	135 SLMLV
--------------------------------------	-----------

Para las viviendas de interés prioritarios	70 SMLV
--	---------

- **Costos directos de urbanismo:** Se valora la mano de obra y todo lo correspondiente movimientos de tierra y excavaciones redes hidrosanitarias, andenes paisajismo, bordillos sumideros entre otras.

**Tabla 6-1:** Factibilidad proyecto Mampostería estructura tradicional Vs. San Pedro Claver

Factibilidad Proyecto San Pedro Claver - El Bagre Mamposteria estructural tradicional				
Item				Valor
Lote			171.843.868	171.843.868
Costos Directos	Área	Valor Unitario	Valor Presupuesto	Valor Real
Área construida			5.230.000.000	5.230.000.000
			0	0
	AJU	23,00%	1.202.900.000	1.202.900.000
TOTAL COSTOS DIRECTOS			6.432.900.000	6.432.900.000
Costo Urbanismo	Área	Valor Unitario	Valor Presupuesto	Valor Real
Urbanismo	72.187,00	692,65	50.000.103	50.000.103
Urbanismo Plan parcial			0	0
	AJU	23,00%	11.500.024	11.500.024
VALOR TOTAL URBANISMO			61.500.127	61.500.127
TOTAL COSTOS OBRA PROYECTO			6.494.400.127	6.494.400.127
Costos Indirectos	Porcentaje	Vr./Vivienda	Valor Presupuesto	Valor Real
Estudios Técnicos	1,18%	383.750	76.750.000	76.750.000
Interventoría (10 meses de obra, 2 liquidación)	3,13%	1.016.093	203.218.576	203.218.576
Gerencia Integral Proyecto	2,78%	1.057.195	211.438.917	211.438.917
Escrituración y Registro	2,42%	920.000	184.000.000	184.000.000
Fiducia	0,42%	159.704	31.940.722	31.940.722
Otros gastos Administrativos, incremento lote	0,59%	225.000	45.000.000	45.000.000
Pólizas de Seguros	0,75%	286.406	57.281.249	57.281.249
Financieros estimados	1,58%	600.000	120.000.000	120.000.000
				0
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			929.629.464	929.629.464
VALOR TOTAL			7.595.873.458	7.595.873.458
VALOR TOTAL SIN LOTE y SIN ESTUDIOS			7.347.279.590	7.347.279.590
CANTIDAD DE VIVIENDAS			200	200
VALOR VENTA POR VIVIENDA			37.979.367	37.979.367
Aportes al Proyecto				Valor Aporte
Municipio de El Bagre	200			171.843.868
Subsidio Gobierno Nacional	200	45,0	566.700	5.100.300.000
				0
Total Aportes Proyecto				5.272.143.868
Total Aportes Proyecto				5.272.143.868

**Fuente:** Tabla suministrada por Comfenalco, elaborado por Carlos Eduardo Maya Ospina

**Tabla 6-2:** Factibilidad San Pedro Claver Vs. Sistema Cresi

Factibilidad Proyecto San Pedro Claver - El Bagre sistema Cresi				
Item				Valor
Lote			171.843.868	171.843.868
Costos Directos	Área	Valor Unitario	Valor Presupuesto	Valor Real
Área construida			3.340.788.951	3.340.788.951
	A/U	23,00%	768.381.459	768.381.459
TOTAL COSTOS DIRECTOS			4.109.170.410	4.109.170.410
Costo Urbanismo	Área	Valor Unitario	Valor Presupuesto	Valor Real
Urbanismo	72.187,00	692,65	50.000.103	50.000.103
Urbanismo Plan parcial				
	A/U	23,00%	11.500.024	11.500.024
VALOR TOTAL URBANISMO			61.500.127	61.500.127
TOTAL COSTOS OBRA PROYECTO			4.170.670.536	4.170.670.536
Costos Indirectos	Porcentaje	Vr./Vivienda	Valor Presupuesto	Valor Real
Estudios Técnicos	1,84%	383.750	76.750.000	76.750.000
Interventoría (10 meses de obra, 2 liquidación)	4,87%	1.016.093	203.218.576	203.218.576
Gerencia Integral Proyecto	4,01%	1.057.195	211.438.917	211.438.917
Escrituración y Registro	3,49%	920.000	184.000.000	184.000.000
Fiducia	0,61%	159.704	31.940.722	31.940.722
Otros gastos Administrativos, Incremento lote	0,85%	225.000	45.000.000	45.000.000
Pólizas de Seguros	1,09%	286.406	57.281.249	57.281.249
Financieros estimados	2,28%	600.000	120.000.000	120.000.000
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			929.629.464	929.629.464
VALOR TOTAL			5.272.143.868	5.272.143.868
VALOR TOTAL SIN LOTE y SIN ESTUDIOS			5.023.550.000	5.023.550.000
CANTIDAD DE VIVIENDAS			200	200
VALOR VENTA POR VIVIENDA			26.360.719	26.360.719
Aportes al Proyecto				Valor Aporte
Municipio de El Bagre	200			171.843.868
Subsidio Gobierno Nacional	200	45,0	566.700	5.100.300.000
Total Aportes Proyecto				5.272.143.868
Total Aportes Proyecto				5.272.143.868

**Fuente:** Tabla suministrada por Comfenalco, elaborado por Carlos Eduardo Maya Ospina

- **Costos indirectos:** son todos los costos administrativos, jurídicos, técnicos y financieros que requieren los proyectos tales como

**Reembolsables:** Ventas, Cartera, Gerencia, tramitación, Pago de Lote

**Horarios:** Construcción, Ventas, Gerencia.

**Impuestos:** Obligaciones urbanísticas

**Utilidad:** es el remanente de restar los costos directos e indirectos de las ventas proyectadas

- **Devolución de IVA:** después de escriturar los inmuebles, se procede a realizar la reclamación del IVA mediante los certificados de libertad y la contabilidad, donde se demuestra los materiales que pagaron IVA aplicados a las construcción de la vivienda no al urbanismo, lo máximo esperado de devolución esta en 4% del valor de las viviendas.

Para demostrar si el sistema es viable en sistemas masivos se realizarán dos factibilidades, una en sistema tradicional y otra en sistema Cresi determinando la viabilidad económica y financiera.

#### **6.4 Análisis de la percepción de seguridad y calidad de los usuarios del sistema Cresi en relación al aumento del espesor de los paneles**

Se realizó entrevista a los usuarios del Sistema Prefabricado Cresi, para conocer la percepción que tienen del sistema realizado con base a los paneles de 6,5 cm.

## **ENTREVISTA**

### **No. 1**

Nombre: EVELIO RAMIRO URBINA ACUÑA  
Edad: 42  
Sexo: Masculino  
Estado civil: Casado  
Actividad que realiza: Jefe de hogar  
Barrio: La Lucía (Urbanización San Pedro Claver)

#### **1. ¿Por qué cree Usted que las casas prefabricadas son cómodas?**

R/: Se ven muy bonitas y cómodas

#### **2. Cree Usted que el cambio del grosor de las paredes fue bueno, SI NO por qué**

R/: Parece muy buenas y seguras

#### **3. ¿En qué mejoró la casa cuando las paredes se hicieron más gruesas?**

R/: Se ven más finas, y nos podemos ampliar

#### **4. ¿Qué pasa con las tuberías eléctricas y sanitarias?, ¿En qué mejoraron cuando las paredes aumentaron en su grosor?**

R/: Vamos a poder hacer mejores acabados a la casita

**5. ¿Cómo considera la calidad de las casas prefabricadas?**

R/: Muy buena y es un barrio muy bonito

**No. 2**

Nombre: SANDRA EUGENIA RAMÍREZ

Edad: 32

Sexo: Femenino

Actividad que realiza: Jefe de hogar

Barrio: Avenida Colón (Urbanización San Pedro Claver)

**1. ¿Por qué cree Usted que las casas prefabricadas son cómodas?**

R/: Son amplias iluminadas y frescas

**2. Cree Usted que el cambio del grosor de las paredes fue bueno, SI NO por qué**

R/: Porque puedo ampliarme y poner un segundo piso

**3. ¿En qué mejoró la casa cuando las paredes se hicieron más gruesas?**

R/: Se siente menos calor

**4. ¿Qué pasa con las tuberías eléctricas y sanitarias?, ¿En qué mejoraron cuando las paredes aumentaron en su grosor?**

R/: No es fea la casita

**5. ¿Cómo considera la calidad de las casas prefabricadas?**

R/: Se ven igual que una casa común y corriente

**No. 3**

Nombre: ANA ESTER GUERRERO ARIAS

Edad: 38

Sexo: Femenino

Actividad que realiza: Jefe de hogar

Barrio: Plan Bonito #2 (Urbanización San Pedro Claver)

**1. ¿Por qué cree Usted que las casas prefabricadas son cómodas?**

R/: Porque mi familia estará sin mojarse y cada uno con habitación

**2. Cree Usted que el cambio del grosor de las paredes fue bueno, SI NO por qué**

R/: Se ve muy resistente

**3. ¿En qué mejoró la casa cuando las paredes se hicieron más gruesas?**

R/: Se ve muy bonita no parece una vivienda provisional

**4. ¿Qué pasa con las tuberías eléctricas y sanitarias?, ¿En qué mejoraron cuando las paredes aumentaron en su grosor?**

R/: Queda como las viviendas de bloque

**5. ¿Cómo considera la calidad de las casas prefabricadas?**

R/: Se ven muy bonitas

**No. 4**

Nombre: JOSE RAMÓN BERRIO FLOREZ

Edad: 51

Sexo: Masculino

Actividad que realiza: Jefe de hogar

Barrio: San José (Urbanización San Pedro Claver)

**1. ¿Por qué cree Usted que las casas prefabricadas son cómodas?**

R/: Son amplias y frescas

**2. Cree Usted que el cambio del grosor de las paredes fue bueno, SI NO por qué**

R/: Se ve muy resistente

**3. ¿En qué mejoró la casa cuando las paredes se hicieron más gruesas?**

R/: No respondió

**4. ¿Qué pasa con las tuberías eléctricas y sanitarias?, ¿En qué mejoraron cuando las paredes aumentaron en su grosor?**

R/: Las tuberías no se ven y se le puede pintar sin hacer pañetes



**5. ¿Cómo considera la calidad de las casas prefabricadas?**

R/: Es igual a cualquier casa

**No. 5**

Nombre: DAVIS AMPARO MESA OLIVARES

Edad: 41

Sexo: Femenino

Actividad que realiza: Jefe de hogar

Barrio: La Lucía (Urbanización San Pedro Claver)

**1. ¿Por qué cree Usted que las casas prefabricadas son cómodas?**

R/: Las alturas de los muros son mayores a las de las casas normales

**2. Cree Usted que el cambio del grosor de las paredes fue bueno, SI NO por qué**

R/: Se ve muy fina y no se va a caer

**3. ¿En qué mejoró la casa cuando las paredes se hicieron más gruesas?**

R/: La casa es más fresca y se ve más fina

**4. ¿Qué pasa con las tuberías eléctricas y sanitarias?, ¿En qué mejoraron cuando las paredes aumentaron en su grosor?**

R/: Las tuberías no se ven y se puede clavar en la pared

## 5. ¿Cómo considera la calidad de las casas prefabricadas?

R/: Es una vivienda muy bonita y fina

Análisis de la percepción de seguridad y calidad de los usuarios del sistema Cresi en relación al aumento del espesor de los paneles. La figura muestra los resultados de las entrevistas.

**Figura 6-1:** Percepción en seguridad y calidad de los usuarios del Sistema Cresi



## **7. HALLAZGOS**

En este capítulo se pretende dar respuesta a los interrogantes planteados en el planteamiento del problema.

- ¿Cómo se puede aumentar el espesor de los paneles prefabricados del sistema Cresi sin afectar las características estructurales y el cumplimiento de lo exigido por la NSR 10 en Colombia?

Se realiza un diseño de mezcla donde se utiliza materias primas como la fibra de vidrio la cual garantiza que los paneles requieran menor refuerzo y por ser más esbelto el panel compensa tiene un mejor comportamiento y estabilidad de la estructura

- ¿Cómo se pueden compensar las características físicas, como peso, resistencia y maniobrabilidad, en los paneles prefabricados, al aumentar su espesor?.

Al aplicar aditivos inclusores de aire se produce un concreto liviano que por medio de una reacción química se produce unas cámaras de aire, la fibra de vidrio hace que se requiera menos acero dando como resultado una placa con un peso similar a la de 36 kilogramos maniobrable.

- Al aumentar en un 54% el espesor de los paneles prefabricados del sistema Cresi, ¿Sería viable colocar al interior las tuberías eléctricas que actualmente quedan expuestas, sin afectar las características estructurales del panel?

Dado a su espesor se puede manejar diámetros  $\frac{1}{2}$  - 21mm y  $\frac{3}{4}$  26mm, las características estructurales no se afectan ya que los refuerzos van paralelos a la tubería.

- ¿De qué manera afecta el aumento de espesor de los paneles prefabricados en la percepción cultural del sistema?

El usuario final percibe visualmente mayor rigidez, durabilidad, y seguridad adicional mente podrán pintar o simplemente estucar los muros sin necesidad de realizar revoques de espesores mayores de 20 mm

- Al aumentar el espesor de los paneles del sistema prefabricado se puede ver afectado el factor económico de su proceso, ¿cuál sería entonces el margen de viabilidad para que este sistema siga siendo una alternativa de construcción en proyectos masivos de vivienda de interés social y/o prioritario?

Al pasar de utilizar concreto vibro compactado con refuerzo de acero de  $\frac{1}{4}$  pulgada y material granulado fino en la producción de paneles 3,5 cm, se analiza que en el panel de 6,5 cm. se remplaza parte del refuerzo por fibra de vidrio, aditivos inclusores de aire, menos cemento lo cual hace que se vea afectado positivamente el panel que cuenta con mayor robustez.

- Al aumentar el espesor de los paneles del sistema prefabricado, ¿sería posible embeberse las tuberías eléctricas dando cumplimiento al RETIE?

Por cumplir con las tuberías eléctrica regimentadas y utilizando conexiones entre las uniones de los paneles, fue posible certificar las viviendas con la norma RETIE

## **8. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y APORTES A LOS ESTUDIOS DE LA CONSTRUCCIÓN**

### **8.1 CONCLUSIONES**

En cuanto a los resultados de las pruebas de laboratorio se puede afirmar que el aumento de los paneles de 3,5 a 6,5 cm, evidenció que el panel no presentó ninguna deformación, permaneció constante el peso, debido a que el aditivo utilizado aligeró el panel de concreto. En cuanto a la resistencia, la fibra de vidrio contribuyó al refuerzo, minimizando el uso de acero.

Al ser sometido el sistema al ensayo de carga axial, estática, cíclica donde se aplicaron cargas verticales generadas por losas y cubiertas, con base a los resultados se concluyó que la capacidad de energía es superior a 1.50, dando el promedio de los métodos por encima de 1.80 en relación A.3.1.7 a la Reglamentación Colombiana de Construcción sismo resistente NSR-10 para sistemas prefabricados concluyendo que dichos resultados fueron favorables para edificaciones entre uno y dos pisos

El incremento del factor económico generado por el aumento del grosor del panel de 3,5 a 6,5 cm fue mínimo (de un 18% menos), porque al utilizar aditivo y fibra de vidrio se requiere menos cemento y menos acero.

Las personas beneficiarias y que fueron entrevistadas perciben que las viviendas construidas en el sistema CRESI son seguras y que sus materiales son de buena calidad comparadas con la construcción tradicional, aceptan este sistema como alternativa de construcción.

## **8.2 RECOMENDACIONES**

En el proceso de fraguado y curado de los paneles se debe implementar un método para el adecuado manejo del agua y la reutilización, a través de invernaderos que realizan ciclos de humedad estado líquido a gaseosos.

Aunque los paneles después del desencofrado quedan con una textura agradable al tacto en las caras frontales, en cantos se recomienda que se implemente un proceso para cortar las fibras de vidrio que sobresalen en los cantos de los paneles.

Los materiales utilizados en la fabricación de los paneles como el cemento, la arena, fibra de vidrio y aditivos se deben manejar por unidades de medida de masa como kilogramo, con el fin de mejorar los desperdicios y precisar los presupuestos de los paneles, buscando mejorar los costos directos de construcción.

## **8.3 APORTES A LOS ESTUDIOS DE LA CONSTRUCCIÓN**

Por ser un sistema versátil, industrializado y económico, se debería vincular a las entidades de tipo social y gubernamental para brindarle soluciones de vivienda, de igual manera a las instituciones de educación para el trabajo y el desarrollo humano, de tal manera de que las personas puedan participar en la construcción de viviendas como mano de obra calificada permitiendo que sea tan bien una fuente de empleo.

Automatizar las plantas de producción de los paneles, mejorando el rendimiento en la transformación de los materiales, y que las máquinas y los elementos

mecánicos sean móviles, con el fin de mejorar la capacidad instalada donde se vayan a desarrollar los proyectos.

Aplicar al sistema CRESI técnicas de construcción sostenible, bioclimática, mejorando el Confort de los usuarios finales y aportando nuevas técnicas para mitigar el cambio climático que actualmente se presenta en el mundo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Convenio Ingeominas – Nasa Kiwe (6 de junio de 1995). Zonificación para Uso del Suelo en la Cuenca del Río Páez. Popayán.

Diseño y Construcción de una Planta Prototipo para la Producción de Módulos de Concreto Ensamblados Mediante Conectores. (2010). FABRICASAS S.A. Medellín.

Evaluación y Modelación Sísmica de Viviendas en Módulos de Hormigón Ensamblados Mediante Conectores y Tensores. (2011-2013). Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, FABRICASAS S.A., y COLCIENCIAS.

Fabricasas S.A. (2012). Evaluación estructural de un Sistema de Vivienda en Módulos Prefabricados de Concreto Reforzado Ensamblados Mediante Conectores de Acero y Barras Tensoras: Sistema Prefabricado Cresi. (Informe técnico de investigación). Medellín.

García Alberto. Bella Daniel y otros Evaluación estructural de un sistema de vivienda en módulos prefabricados de concreto postensados. Universidad

Nacional de Colombia sede Manizales Abril 2015

<http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril->

<https://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/rev10art2.pdf>.



Mayo2005/CD1/pdf/spa/doc1517/doc1517-contenido.pdf (fecha de acceso).AIS. Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación [online]. Número 3. España (URL:

República de Colombia (2012). Ley 1537 del 20 de Junio de 2012. Por la cual se dictan normas tendientes a facilitar y promover el desarrollo urbano y el acceso a la vivienda y se dictan otras disposiciones. En: Código Colombiano de construcciones Sismo-resistente, CCCSR-84, Decreto 1400 de 1984. Bogotá.

Revista Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Enero-Junio 1995 / No.4 / Año 3 Especial: Cauca y Huila, Colombia: Junio 1994 – Junio 1999.<http://www.desenredando.org>

Suárez, Ildelfonso (año). El terremoto «un desastre natural muy cercano a Colombia». Facultad de Ingeniería.

[www.oei.es/revistactsi/numero3/documento02.htm](http://www.oei.es/revistactsi/numero3/documento02.htm) (fecha de acceso).

Yamín, Luis; García, L. (año). Investigaciones experimentales relacionadas con la vivienda de bajo costo en Colombia.